



**Comunidad  
de Madrid**

# Guía de Ventanas Eficientes y Sistemas de Regulación y Control Solar







# Guía de Ventanas Eficientes y Sistemas de regulación y control solar

Madrid, 2016



Fundación de la Energía de  
la Comunidad de Madrid

Energy Management Agency

Intelligent Energy  Europe

[www.fenercom.com](http://www.fenercom.com)



**Comunidad  
de Madrid**

Esta Guía se puede descargar en formato pdf desde la sección de publicaciones de las páginas web:

[www.madrid.org](http://www.madrid.org)

(Consejería de Economía, Empleo y Hacienda, organización Dirección General de Industria, Energía y Minas)

[www.fenercom.com](http://www.fenercom.com)

Si desea recibir ejemplares de esta publicación en formato papel puede contactar con:

**Dirección General de Industria, Energía y Minas de la Comunidad de Madrid**

[dgtecnico@madrid.org](mailto:dgtecnico@madrid.org)

**Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid**

[fundacion@fenercom.com](mailto:fundacion@fenercom.com)

© Fotos de portada:

- profine Iberia, S.A.U. - KÖMMERLING
- Carpintería Industrial Binéfar S.A.
- Schüco Iberia S.L.

La Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid, respetuosa con la libertad intelectual de sus colaboradores, reproduce los originales que se le entregan, pero no se identifica necesariamente con las ideas y opiniones que en ellas se exponen y, por tanto, no asume responsabilidad alguna de la información contenida en esta publicación.

La Comunidad de Madrid y la Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid, no se hacen responsables de las opiniones, imágenes, textos y trabajos de los autores de esta guía.

Depósito Legal: M. 10.761-2016

Impresión Gráfica: Gráficas Arias Montano, S. A.  
28935 MÓSTOLES (Madrid)

# Autores



Capítulo 1. **Las propiedades térmicas de las ventanas**

Pablo Martín Hernanz / Inés Gómez Arroyo  
*Director / Secretaría Técnica*  
ASEFAVE

Capítulo 2. **Acrilamientos para ventanas de alta eficiencia**

Eduardo M<sup>o</sup> De Ramos Vilariño  
*Director CITAV*  
SAINT-GOBAIN BUILDING GLASS ESPAÑA

Capítulo 3. **Marcos de pvc de alta eficiencia**

Javier Bermejo Amarillo  
*Director de Marketing*  
profine Iberia, S.A.U. – KÖMMERLING

Capítulo 4. **Marcos de madera de alta eficiencia**

Carlos Subías Clavero  
*Director de calidad I+D*  
CARPINTERÍA INDUSTRIAL BINÉFAR S.A.

Capítulo 5. **Marcos de aluminio de alta eficiencia**

Ángel Funcia Sánchez-Pardo  
*Director Técnico*  
SCHÜCO IBERIA S.L.

Capítulo 6. **Capialzados de alta eficiencia**

Raul Alcaina  
*Dirección Comercial*  
DECEUNINCK

Capítulo 7. **Herrajes**

Danel Mencía Beitia  
*Responsable de Marketing*  
PROCOMSA

Capítulo 8. **Sellado de ventanas**

Peter Esselens  
*Director General*  
SOUDAL QUÍMICA

Capítulo 9. **Sistemas de regulación y control solar**

Albert López Crespo  
*Arquitecto*  
SOMFY ESPAÑA

Capítulo 10. **Instalación de ventanas**

Pablo Martín Hernanz / Inés Gómez Arroyo  
*Director / Secretaría Técnica*  
ASEFAVE



Capítulo 11. **Inspección de ventanas mediante termografía infrarroja y test de estanqueidad “blower door”**

Sergio Melgosa Revilla  
Gerente  
EBUILDING

Capítulo 12. **Caso práctico**

Eduardo M<sup>o</sup> De Ramos Vilariño  
Director CITAV  
SAINT-GOBAIN BUILDING GLASS ESPAÑA

# Índice

PRESENTACIÓN	13
<b>1. LAS PROPIEDADES TÉRMICAS DE LAS VENTANAS</b>	<b>15</b>
1.1. Prestaciones térmicas de las ventanas	15
1.1.1. Transmitancia térmica de las ventanas	15
1.1.2. Permeabilidad al aire de las ventanas	16
1.1.3. Factor solar	17
1.1.4. Resistencia térmica adicional de la persiana	21
1.2. Documentación relacionada con las prestaciones térmicas de las ventanas	22
1.3. Exigencias respecto a las prestaciones térmicas de las ventanas	29
1.3.1. Transmitancia térmica	29
1.3.2. Permeabilidad al aire	31
1.3.3. Factor solar modificado	31
<b>2. ACRISTALAMIENTOS PARA VENTANAS DE ALTA EFICIENCIA</b>	<b>33</b>
2.1. Introducción	33
2.2. Principales parámetros que caracterizan un acristalamiento	35
2.2.1. Transmitancia térmica U ( $W/m^2K$ )	40
2.2.2. Factor solar del acristalamiento (g)	46
2.2.3. Transmisión Luminosa (TL)	50
2.2.4. Selectividad	52
2.3. Acristalamientos de baja emisividad o de aislamiento térmico reforzado (ATR)	54
2.4. Acristalamientos de control solar	58
2.5. Acristalamientos selectivos	61
2.6. Conclusiones	63
<b>3. MARCOS DE PVC DE ALTA EFICIENCIA</b>	<b>65</b>
3.1. Introducción	65
3.2. Materia prima	60
3.2.1. El PVC	66
3.2.2. Qué es el PVC	67
3.3. Perfiles de pvc para materia prima	68
3.3.1. ¿Qué hay en el interior de los perfiles de PVC?	68





3.3.2.	Clasificación de los perfiles	70
3.4.	Tipología de marcos de PVC de alta eficiencia	72
3.5.	Sostenibilidad y balance medioambiental	75
3.5.1.	Proceso de reciclaje	76
3.5.2.	Emisiones de CO <sub>2</sub> y consumos energéticos durante el ciclo de vida	77
3.6.	Balance económico del producto	79
<b>4.</b>	<b>MARCOS DE MADERA DE ALTA EFICIENCIA</b>	<b>79</b>
4.1.	La madera, nociones básicas	80
4.1.1.	Características generales de la madera	83
4.1.2.	Otras aplicaciones de la madera en construcción	83
4.2.	La madera en los marcos de ventanas	83
4.2.1.	Características a controlar en los marcos de ventana	83
4.2.2.	Transmitancia térmica de los marcos de ventana	85
4.2.3.	El perfil mixto madera – aluminio	86
4.3.	Sistemas de ventanas más habituales de alta eficiencia	87
4.3.1.	Sistemas en madera	87
4.3.2.	Sistemas mixtos madera - aluminio	91
4.4.	Perfiles modificados de madera para eficiencia máxima	92
4.4.1.	Perfiles laminados modificados	92
4.4.2.	Perfiles mixtos triples madera - aluminio - XPS	95
4.5.	Otros aspectos a tener en cuenta para un ahorro energético máximo	95
4.5.1.	Ventanas de madera, ventanas de bajo coste energético de fabricación	96
4.5.2.	Estanquidad al aire de las ventanas	97
4.6.	Mantenimiento, garantía de larga vida	98
<b>5.</b>	<b>MARCOS DE ALUMINIO DE ALTA EFICIENCIA</b>	<b>101</b>
5.1.	Introducción	101
5.2.	Términos, definiciones	101
5.2.1.	¿Qué entendemos por “marcos”?	102
5.3.	Premisas de diseño ventanas batientes eje vertical	102
5.4.	Premisas de diseño de puertas	106
5.4.1.	Diseño de perfilería	106
5.5.	Premisas de diseño de ventanas correderas	108
5.5.1.	Correderas de perfil visto	108
5.5.2.	Correderas de perfil oculto	110
<b>6.</b>	<b>CAPIALZADOS DE ALTA EFICIENCIA</b>	<b>115</b>
6.1.	Generalidades	115



6.2.	Partes integrantes de un capialzado de alta eficiencia	116
6.3.	El aislamiento térmico en el capialzado	117
6.3.1	A través del capialzado	117
6.3.2.	Pérdidas a través de sus juntas	118
6.4.	La atenuación acústica en el capialzado	119
6.4.1.	Transmisión de sonidos por Difracción (vibración de la ventana)	119
6.4.2.	Transmisión de sonidos por filtración (orificios y aberturas)	121
6.5.	Normativa aplicable	121
6.5.1.	Marcado CE	121
6.5.2.	Etiqueta energética	122
6.5.3.	Certificado AENOR	123
<b>7.</b>	<b>HERRAJES</b>	<b>125</b>
7.1.	Tipos de herraje según apertura	125
7.1.1.	Ventana practicable	125
7.1.2.	Ventana abatible	125
7.1.3.	Ventana oscilobatiente	125
7.1.4.	Ventanas correderas en línea	126
7.1.5.	Ventanas correderas oscilo-paralelas	126
7.1.6.	Ventanas correderas elevadoras	126
7.1.7.	Ventanas correderas plegables	127
7.1.8.	Ventanas pivotantes	127
7.2.	El herraje oscilo-batiente	127
7.2.1.	Tipos de herraje oscilobatiente	128
7.2.2.	Funcionamiento del herraje oscilobatiente	128
7.2.3.	Mantenimiento y cuidado de los herrajes	132
7.2.4.	Regulación de los herrajes	133
7.2.5.	Normativa relativa a los herrajes	134
<b>8.</b>	<b>SELLADO DE VENTANAS</b>	<b>137</b>
8.1.	Resumen ejecutivo	137
8.2.	¿Por qué es tan importante el sellado del hueco de la ventana?	138
8.2.1.	Contexto – Legislación	138
8.2.2.	Puentes térmicos y prestaciones térmicas	140
8.2.3.	Estanqueidad al aire	143
8.2.4.	Resumen: Importancia del sellado de los huecos	146
8.3.	Funciones de los sellados	148
8.3.1	Estanqueidad al aire – Permeabilidad al aire	148
8.3.2.	Aislamiento térmico	151
8.3.3.	Resistencia contra la lluvia torrencial	151



8.3.4.	Acústica	152
8.3.5.	Control de vapor	154
8.3.6.	Protección contra el fuego	155
8.3.7.	Protección contra robo	155
8.3.8.	Estética	155
8.4.	Sellado de ventana: elementos para prescriptores	156
8.4.1.	Principio general para el diseño de los elementos	156
8.4.2.	Detalles técnicos de algunos sellantes	157
8.4.3.	Sistemas Constructivos	162
8.5.	Sellado de ventana: elementos para instaladores	164
8.5.1.	Oportunidad para reorientar el negocio	164
8.5.2.	Montaje de las membranas	164
8.5.3.	Alternativa: membrana líquida estanca para el interior	165
8.5.4.	Fijación de la ventana al hueco	165
8.5.5.	Aplicación de la espuma	166
8.5.6.	Fijación de las membranas	167
8.5.7.	Bandas expansivas	167
8.5.8.	Bandas expansivas multifuncionales	167
8.5.9.	Selladores de alta densidad	168
8.5.10.	Mantenimiento de los materiales utilizados en la instalación	169
8.6.	Sellado de ventana: elementos para el consumidor final	169
8.6.1.	El nuevo entorno del consumidor	169
8.6.2.	Una inversión muy rentable	170
9.	<b>SISTEMAS DE REGULACIÓN Y CONTROL SOLAR</b>	<b>173</b>
9.1.	Construir con el clima	173
9.1.1.	Actual energía solar recibida	173
9.1.2.	Huecos	174
9.1.3.	Ventanas	176
9.2.	Herramientas arquitectónicas	177
9.2.1.	Control solar: objetivos	177
9.2.2.	Control solar: Opciones Tecnológicas	180
9.2.3.	Control solar: diferentes tipos	184
9.3.	Tendencias actuales: fachadas acristaladas	186
9.3.1.	Una tendencia actual	186
9.4.	Control solar: gestión, automatismos y domótica	187
9.4.1.	Motorización	189
9.4.2.	Sensores	189
9.4.3.	Puntos de mando	190
9.4.4.	Controladores	191

9.5. La ventana, nuevo electrodoméstico	192
9.5.1. Propuesta	192
9.5.2. La tecnología de nuestras casas	195
<b>10. INSTALACIÓN DE VENTANAS</b>	<b>197</b>
10.1. Principios básicos de la instalación de ventanas	197
10.1.1. Particularidades para la instalación de ventanas de tejado	199
10.2. Patologías relacionadas con la instalación de las ventanas	200
10.3. Norma española de colocación de ventanas	202
10.4. Recomendación respecto a la instalación de ventanas	202
<b>11. INSPECCIÓN DE VENTANAS MEDIANTE TERMOGRAFÍA INFRARROJA Y TEST DE ESTANQUEIDAD "BLOWER DOOR"</b>	<b>205</b>
11.1. Vivienda de nueva construcción	206
11.1.1. Test de Estanqueidad	206
11.1.2. Inspección Termográfica	211
11.2. Rehabilitación de una vivienda	211
11.2.1. Test de Estanqueidad	211
11.2.2. Inspección Termográfica	214
11.3. Conclusiones	221
<b>12. CASO PRÁCTICO</b>	<b>223</b>
12.1. Introducción	223
12.2. Edificio modelo e hipótesis de cálculo	224
12.3. Metodología	228
12.4. Resultados	229
12.5. Conclusión	232





# P RESENTACIÓN

Dentro de la envolvente de un edificio, las ventanas son uno de los elementos constructivos más sensibles y que más afectan a la respuesta energética edificatoria, siendo donde más energía se pierde en invierno y donde más sobrecalentamiento se sufre en verano.

Son fundamentales para determinar las condiciones de confort de una vivienda y su calificación, dada su influencia determinante en el comportamiento energético global, ya sea de una manera favorable o desfavorable.

Para conseguir que los proyectos de obra nueva y rehabilitación de edificios disminuyan notablemente sus consumos es muy importante el control solar y el uso de sistemas de protección solar para reducir el sobrecalentamiento que puede producirse en verano. Cada vez estos sistemas de protección solar están más adaptados para integrarse en fachada y los acristalamientos reducen cada vez más estos niveles manteniendo un alto confort lumínico.

En los últimos años, la evolución tecnológica de cada uno de los materiales que componen las ventanas ha sido muy significativa y hoy en día existen ventanas de muy alta eficiencia. Existen tipos de acristalamiento y marcos de prestaciones cada vez más altas, técnicas de instalación y sellado más eficientes, sistemas de motorización más sofisticados, etc. Todos ellos en continua evolución tecnológica en lo referente a eficiencia energética.

La Consejería de Economía, Empleo y Hacienda, a través de la Dirección General de Industria, Energía y Minas, junto con la Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid llevan a cabo el desarrollo de esta guía con el fin de estudiar e informar sobre los diferentes sistemas de regulación y control solar, y de los materiales que forman el conjunto de las ventanas: marcos de diferentes materiales y tipologías, acristalamientos que se adaptan a los requisitos de cada situación, cajones de persiana, herrajes, sellados, etc. todos ellos de alta eficiencia. Abordando también otros aspectos importantes como son las recomendaciones para su correcta instalación y sistemas de inspección que nos permitan diagnosticar in situ las propiedades de las ventanas.

**D. Carlos López Jimeno**

Director General de Industria, Energía y Minas  
Consejería de Economía, Empleo y Hacienda  
Comunidad de Madrid.





# 1

## LAS PROPIEDADES TÉRMICAS DE LAS VENTANAS



### 1.1. PRESTACIONES TÉRMICAS DE LAS VENTANAS

#### 1.1.1. Transmitancia térmica de las ventanas

Como definición académica, la transmitancia térmica, valor  $U$ , mide la transferencia de calor a través de la ventana e indica la densidad en estado estacionario de la velocidad de transferencia de calor por diferencia de temperaturas entre las temperaturas ambientes a cada lado de la ventana. Se mide en  $W/m^2K$ .

La transmitancia térmica es el indicador del flujo de energía a través de la ventana desde el lado caliente al lado frío. **Cuanto menor es el valor de la transmitancia térmica ( $U$ ) más eficiente térmicamente es la ventana.**

Para el cálculo de la transmitancia térmica de huecos (ventana o lucernario)  $U_H$  (medido en  $W/m^2 \cdot K$ ) se emplea la norma europea UNE-EN ISO 10077-1. La norma establece que la transmitancia térmica se calcula según la fórmula siguiente:

$$U_H = \frac{A_{H,v}U_{H,v} + A_{H,m}U_{H,m} + l_v\Psi_v + A_{H,p}U_{H,p} + l_p\Psi_p}{A_{H,v} + A_{H,m} + A_{H,p}}$$

Siendo,

- $U_H$  la transmitancia térmica del hueco (ventana o lucernario) [ $W/m^2 \cdot K$ ]
- $U_{H,v}$  la transmitancia térmica del acristalamiento [ $W/m^2 \cdot K$ ]
- $U_{H,m}$  la transmitancia térmica del marco [ $W/m^2 \cdot K$ ]



- $U_{H,p}$  la transmitancia térmica de la zona con panel opaco [ $W/m^2 \cdot K$ ]
- $\Psi_v$  la transmitancia térmica lineal debida al acoplamiento entre marco y acristalamiento [ $W/m \cdot K$ ]
- $\Psi_p$  la transmitancia térmica lineal debida al acoplamiento entre marco y paneles opacos [ $W/m \cdot K$ ]
- $A_{H,v}$  el área de la parte acristalada [ $m^2$ ]
- $A_{H,m}$  el área del marco [ $m^2$ ]
- $A_{H,p}$  el área de la parte con panel opaco [ $m^2$ ]
- $l_v$  la longitud de contacto entre marco y acristalamiento [ $m$ ]
- $l_p$  la longitud de contacto entre marco y paneles opacos [ $m$ ]

Los valores de las transmitancias térmicas lineales se pueden calcular teniendo en cuenta los valores de Tabla 1.1.

**Tabla 1.1.** Transmitancia térmica lineal  $\Psi_p$  y  $\Psi_v$  en huecos.

Material del marco	Acristalamiento o empanelado simple	Acristalamiento o empanelado doble o triple	Acristalamiento doble con baja emisividad o triple con dos capas de baja emisividad
Madera y plástico	0,00	0,06 / 0,05	0,08 / 0,06
Metálico con rotura de puente térmico	0,00	0,08 / 0,06	0,11 / 0,08
Metálico sin rotura de puente térmico	0,00	0,02 / 0,01	0,05 / 0,04

\* Valores para elementos separadores convencionales y para elementos de prestaciones térmicas mejoradas

**Fuente:** Documento de Apoyo al DB HE.

Además se puede determinar la transmitancia térmica de la ventana mediante ensayo por el método de la caja caliente, según las normas europeas UNE-EN ISO 12567-1 para ventanas y puertas o la UNE EN ISO 12567-2 para ventanas de tejado. Estos métodos de ensayo constituyen el método de referencia.

### 1.1.2. Permeabilidad al aire de las ventanas

La permeabilidad al aire es la cantidad de aire que pasa a través de una ventana debido a la presión de ensayo. La permeabilidad al aire se mide en metros cúbicos por hora ( $m^3/h$ ).



La caracterización de la permeabilidad al aire de las ventanas se realiza mediante un ensayo, realizado según la norma europea UNE-EN 1026. La clasificación de la permeabilidad se realiza según la norma europea UNE-EN 12207. La clasificación de las ventanas se basa en una comparación de la permeabilidad al aire de la muestra de ensayo por referencia a la superficie total y su permeabilidad al aire por referencia a la longitud de la junta de apertura, tal y como se muestra en la Tabla 1.2.

**Tabla 1.2.** Permeabilidad al aire de referencia a 100 Pa y presiones máximas de ensayo, relacionadas con la superficie total y la longitud de las juntas de apertura, para la clases 1 a 4.

Clase	Presión máxima de ensayo (Pa)	Permeabilidad al aire de referencia a 100	
		Por superficie total (m <sup>3</sup> /h.m <sup>2</sup> )	Por longitud de juntas (m <sup>3</sup> /h.m)
0		No ensayada	
1	150	50	12,50
2	300	27	6,75
3	600	9	2,25
4	600	3	0,75

Fuente: Norma europea UNE-EN 12207.

Por tanto, la permeabilidad al aire de la ventana se clasifica en clase 0, clase 1, clase 2, clase 3 o clase 4. La clase 4 es la mejor clasificación (menores infiltraciones y por tanto mayor estanquidad). **A mayor estanquidad (clase más elevada) más eficiente térmicamente es la ventana.**

### 1.1.3. Factor solar

El factor solar modificado (F) es la fracción de la radiación incidente en un hueco que no es bloqueada por el efecto de obstáculos de fachada y las partes opacas del hueco. Se calcula a partir del factor de sombra del hueco ( $F_s$ ), el factor solar de la parte semitransparente del hueco ( $g^+$ ), la absorptividad de la parte opaca ( $\alpha$ ) (normalmente el marco), su transmitancia térmica ( $U_m$ ), y la fracción de la parte opaca (FM), según la siguiente expresión:

$$F = F_s \cdot [(1-FM) \cdot g + FM \cdot 0,04 \cdot U_m \cdot \alpha]$$

Siendo,

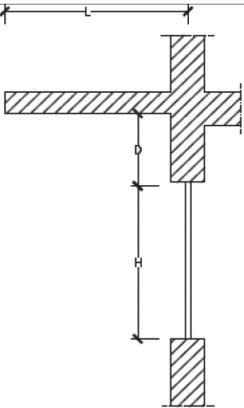
- **F<sub>s</sub>** el factor de sombra del hueco o lucernario. Es la fracción de la radiación incidente en un hueco que no es bloqueada por la presencia de obstáculos de fachada, tales como: retranqueos, voladizos, toldos, salientes laterales u otros. Se obtiene de las Tablas 1.4 a 1.8 (ver a continuación) en función del dispositivo de sombra o mediante simulación. En caso de que no se justifique adecuadamente el valor de F<sub>s</sub> se debe considerar igual a la unidad.
- **FM** la fracción del hueco ocupada por el marco en el caso de ventanas o la fracción de parte maciza en el caso de puertas.
- **g<sup>±</sup>** el factor solar de la parte semitransparente del hueco o lucernario a incidencia normal. Es el cociente entre la radiación solar a incidencia normal que se introduce en el edificio a través del acristalamiento y la que se introduciría si el acristalamiento se sustituyese por un hueco perfectamente transparente. Se refiere exclusivamente a la parte semitransparente de un hueco.
- **U<sub>m</sub>** la transmitancia térmica del marco del hueco o lucernario [W/m<sup>2</sup>·K].
- **α** la absorptividad del marco obtenida de la Tabla 1.3 en función de su color. Es la fracción de la radiación solar incidente a una superficie que es absorbida por la misma. La absorptividad va de 0,0 (0%) hasta 1,0 (100%). Sus valores pueden obtenerse de la Tabla 1.3.

**Tabla 1.3.** Absorptividad del marco para radiación solar α.

COLOR	CLARO	MEDIO	OSCURO
Blanco	0,20	0,30	—
Amarillo	0,30	0,50	0,70
Beige	0,35	0,55	0,75
Marrón	0,50	0,75	0,92
Rojo	0,65	0,80	0,90
Verde	0,40	0,70	0,88
Azul	0,50	0,80	0,95
Gris	0,40	0,65	—
Negro	—	0,96	—



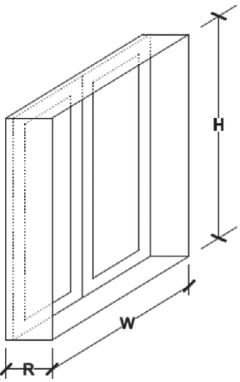
Tabla 1.4. Factor de sombra para obstáculos de fachada: voladizo.



NOTA: En caso de que exista un retranqueo, la longitud L se medirá desde el centro del acristalamiento.

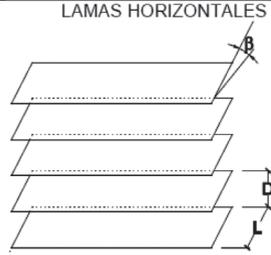
ORIENTACIONES DE FACHADAS		0,2 < L/H ≤ 0,5	0,5 < L/H ≤ 1	1 < L/H ≤ 2	L/H > 2
		S	SE/SO	E/O	
S	0 < D/H ≤ 0,2	0,82	0,50	0,28	0,16
	0,2 < D/H ≤ 0,5	0,87	0,64	0,39	0,22
	D/H > 0,5	0,93	0,82	0,60	0,39
SE/SO	0 < D/H ≤ 0,2	0,90	0,71	0,43	0,16
	0,2 < D/H ≤ 0,5	0,94	0,82	0,60	0,27
	D/H > 0,5	0,98	0,93	0,84	0,65
E/O	0 < D/H ≤ 0,2	0,92	0,77	0,55	0,22
	0,2 < D/H ≤ 0,5	0,96	0,86	0,70	0,43
	D/H > 0,5	0,99	0,96	0,89	0,75

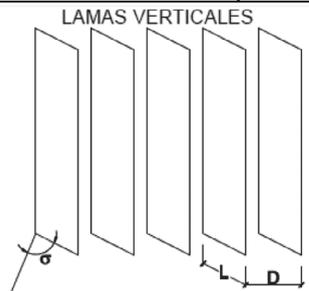
Tabla 1.5. Factor de sombra para obstáculos de fachada: retranqueo.



ORIENTACIONES DE FACHADAS		0,05 < R/W ≤ 0,1	0,1 < R/W ≤ 0,2	0,2 < R/W ≤ 0,5	R/W > 0,5
		S	SE/SO	E/O	
S	0,05 < R/H ≤ 0,1	0,82	0,74	0,62	0,39
	0,1 < R/H ≤ 0,2	0,76	0,67	0,56	0,35
	0,2 < R/H ≤ 0,5	0,56	0,51	0,39	0,27
	R/H > 0,5	0,35	0,32	0,27	0,17
SE/SO	0,05 < R/H ≤ 0,1	0,86	0,81	0,72	0,51
	0,1 < R/H ≤ 0,2	0,79	0,74	0,66	0,47
	0,2 < R/H ≤ 0,5	0,59	0,56	0,47	0,36
	R/H > 0,5	0,38	0,36	0,32	0,23
E/O	0,05 < R/H ≤ 0,1	0,91	0,87	0,81	0,65
	0,1 < R/H ≤ 0,2	0,86	0,82	0,76	0,61
	0,2 < R/H ≤ 0,5	0,71	0,68	0,61	0,51
	R/H > 0,5	0,53	0,51	0,48	0,39

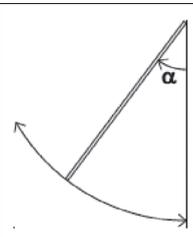
**Tabla 1.6.** Factor de sombra para obstáculos de fachada: lamas.

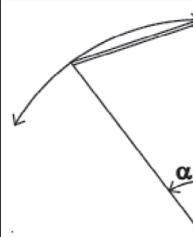
		ÁNGULO DE INCLINACIÓN ( $\beta$ )		
		0	30	60
ORIENTACIÓN	SUR	0,49	0,42	0,26
	SURESTE/ SUROESTE	0,54	0,44	0,26
	ESTE/OESTE	0,57	0,45	0,27

		ÁNGULO DE INCLINACIÓN ( $\alpha$ )						
		-60	-45	-30	0	30	45	60
ORIENTACIÓN	SUR	0,37	0,44	0,49	0,53	0,47	0,41	0,32
	SURESTE	0,46	0,53	0,56	0,56	0,47	0,40	0,30
	ESTE	0,39	0,47	0,54	0,63	0,55	0,45	0,32
	OESTE	0,44	0,52	0,58	0,63	0,50	0,41	0,29
	SUROESTE	0,38	0,44	0,50	0,56	0,53	0,48	0,38

**NOTAS:** Los valores de factor de sombra que se indican en estas tablas han sido calculados para una relación D/L igual o inferior a 1. El ángulo  $\sigma$  debe ser medido desde la normal a la fachada hacia el plano de las lamas, considerándose positivo en dirección horaria.

**Tabla 1.7.** Factor de sombra para obstáculos de fachada: toldos.

	CASO A	Tejidos opacos $\tau = 0$		Tejidos translúcidos $\tau = 0,2$	
	$\alpha$	SE/S/SO	E/O	SE/S/SO	E/O
	30	0,02	0,04	0,22	0,24
	45	0,05	0,08	0,25	0,28
	60	0,22	0,28	0,42	0,48

	CASO B	Tejidos opacos $\tau = 0$			Tejidos translúcidos $\tau = 0,2$		
	$\alpha$	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO	E/O
	30	0,43	0,61	0,67	0,63	0,81	0,87
	45	0,20	0,30	0,40	0,40	0,50	0,60
	60	0,14	0,39	0,28	0,34	0,42	0,48



**Tabla 1.8.** Factor de sombra para lucernarios.

		Y / Z					
		0,1	0,5	1,0	2,0	5,0	10,0
X / Z	0,1	0,42	0,43	0,43	0,43	0,44	0,44
	0,5	0,43	0,46	0,48	0,50	0,51	0,52
	1,0	0,43	0,48	0,52	0,55	0,58	0,59
	2,0	0,43	0,50	0,55	0,60	0,66	0,68
	5,0	0,44	0,51	0,58	0,66	0,75	0,79
	10,0	0,44	0,52	0,59	0,68	0,79	0,85

**NOTAS:** Los valores de factor de sombra que se indican en esta tabla son válidos para lucernarios sensiblemente horizontales. En caso de lucernarios de planta elíptica o circular podrán tomarse como dimensiones características equivalentes los ejes mayor y menor o el diámetro.

### 1.1.4. Resistencia térmica adicional de la persiana

La persiana en posición extendida y cerrada, produce una resistencia térmica adicional  $\Delta R$ , expresada en  $m^2K/W$ .

Se calcula según el método especificado en la norma europea UNE-EN 13125. El cálculo de la resistencia térmica adicional depende de la permeabilidad al aire de la persiana. Para establecer la permeabilidad al aire de la persiana se establecen condiciones en la norma en función de las consideraciones geométricas, en términos de holgura total entre la persiana y su alrededor.

**Tabla 1.9.** Clase de permeabilidad al aire de la persiana.

Clase de permeabilidad al aire	Condiciones	Resistencia térmica adicional
Clase 1: persianas de muy alta permeabilidad al aire	$e_{tot} \geq 35$ mm	0,08
Clase 2: persianas de alta permeabilidad al aire	La cortina no presenta aberturas o hendiduras y $15 < e_{tot} \leq 35$ mm	$0,25R_{sh} + 0,09$
Clase 3: persianas de permeabilidad al aire media	La cortina no presenta aberturas o hendiduras y las lamas tienen recubrimiento y $8 < e_{tot} \leq 15$ mm	$0,55R_{sh} + 0,11$
Clase 4: persianas con débil permeabilidad al aire	La cortina no presenta aberturas o hendiduras y las lamas tienen recubrimiento y $e_{tot} < 8$ mm	$0,8R_{sh} + 0,14$
Clase 5: persianas estancas al aire	La cortina no presenta aberturas o hendiduras y las lamas tienen recubrimiento y $e_{tot} < 3$ mm y $e_1+e_3=0$ $e_2+e_3=0$	$0,95R_{sh} + 0,17$



La Rsh es la resistencia térmica de la persiana (se obtiene por ensayos o cálculos). En ausencia de valores medidos o calculados se puede utilizar (perfiles de PVC no rellenos de espuma):

$R_{sh} = 0,0157d - 0,00034 d^2$ ; d: es el perfil medio real del perfil en mm.

En el proyecto de norma EN ISO 10077-1 se indica la fórmula de cálculo que permite relacionar la resistencia térmica adicional de la persiana con la transmitancia térmica de la ventana. Así la transmitancia del conjunto ventana y lama es la siguiente:

$$U_{ws} = [1/ ((1/U_w) + \Delta R)]$$

## 1.2. DOCUMENTACIÓN RELACIONADA CON LAS PRESTACIONES TÉRMICAS DE LAS VENTANAS

Las ventanas deben llevar su correspondiente marcado CE, es obligatorio desde el 1 de febrero de 2010. La norma de producto de ventanas es la norma europea UNE-EN 14351-1:2006+A1:2011. *Ventanas y puertas. Norma de producto, características de prestación. Parte 1: Ventanas y puertas exteriores peatonales sin características de resistencia al fuego y/o control de humo.*

Se trata de un sistema de evaluación y verificación de la constancia de las prestaciones tipo 3, que implica que el fabricante realiza su propio control de producción en fábrica, emite su Declaración de Prestaciones y su etiqueta de marcado CE, pero debe recurrir a un Organismo Notificado para la realización de los ensayos o cálculo de tipo de sus ventanas.

El marcado CE de ventanas obliga a la declaración de un conjunto de características esenciales, que se resumen a continuación en la Tabla 1.10, en función de lo establecido en el Anexo ZA de la norma de producto.

En el caso de que la ventana lleve cajón de persiana los valores que se declaran del marcado CE son los del conjunto (ventana + cajón, por cálculo o por ensayo según corresponda).

**Tabla 1.10.** Características para el mercado CE de ventanas.

CARACTERÍSTICAS (CAPÍTULO DE LA NORMA)	VENTANAS	PUERTAS PEATONALES EXTERIORES	VENTANAS DE TEJADO	OBSERVACIONES
Comportamiento frente al fuego exterior (4.4.2)	—	—	X	
Reacción al fuego (4.4.1)	—	—	X	
Estanquidad al agua (4.5 y 4.1.5)	X	X	X	
Sustancias peligrosas (4.6)	X	X	—	Declarar «NPD» <sup>(1)</sup>
Resistencia a la carga de viento (4.2)	X	X	X <sup>(3)</sup>	Por ensayo o por cálculo (sólo en elementos fijos)
Resistencia a la carga de nieve y carga permanente (4.3)	—	—	X <sup>(3)</sup>	
Resistencia a los impactos (4.7 y 4.24.1)	—	X <sup>(3)</sup>	X	En puertas, con vidrio u otro material fragmentario
Capacidad para soportar cargas de los dispositivos de seguridad (4.8)	X	X	X	
Altura (4.9)	—	X <sup>(3)</sup>	—	
Capacidad de desbloqueo (4.10 y 4.15)	—	X	—	Sólo para puertas que vayan a colocarse en rutas de escape
Prestaciones acústicas (4.11)	X	X	X	Por ensayo o por cálculo <sup>(2)</sup>
Transmitancia térmica (4.12 y 4.15)	X	X	X	Por ensayo o por cálculo
Propiedades de radiación (4.13)	X <sup>(3)</sup>	X <sup>(3)</sup>	X <sup>(3)</sup>	
Permeabilidad al aire (4.14 y 4.15)	X	X	X	

**Fuente:** Instrucción para la puesta en práctica del mercado CE de ventanas. Ministerio de Industria (versión octubre de 2013).

Como se puede ver en la Tabla 1.10 anterior, tanto la transmitancia térmica de la ventana como la permeabilidad al aire de la misma, son características esenciales que el fabricante declara en su correspondiente mercado CE, y son valores que aparecen en la correspondiente Declaración de Prestaciones y en la etiqueta de mercado CE. En la Fig. 1.1 y Fig. 1.2 se representan sendos ejemplos de etiqueta y de Declaración.



 3243 (1)	
VENTANERO PEPE C. Viento 1 28XXX Madrid 10 (2)	
VEN-08-1-2013 (3) EN 14351-1:2006+A1:2010	
Ventana vertical exterior de dos hojas, oscilobatiente con y sin cajón de persiana. Acristalamiento XXXX, (4) Comunicación en lugares residenciales y comerciales (5)	
Resistencia a la carga de viento:	C5
Estanquidad al agua – no apantallado (A):	Clase 8 A
Prestaciones acústicas:	33 dB(-1; -5)
Transmitancia térmica:	1,7 W/m²K
Propiedades de radiación: factor solar:	0,55
Propiedades de radiación: transmitancia luminosa:	0,75
Permeabilidad al aire:	Clase 4

Figura 1.1. Ejemplo de Etiqueta de Marcado CE de ventanas.

**DECLARACIÓN DE PRESTACIONES**  
**Nº VEN-OB-1-2013 (1)**

- Producto tipo: Ventana vertical exterior, oscilobatiente, 2 hojas, con o sin cajón de persiana. Acristalamiento XXXX (2)
- Nombre y dirección del fabricante o importador o distribuidor  
 VENTANERO PEPE  
 Calle Viento, nº 1, 28XXX Madrid
- Uso previsto: Comunicación en lugares residenciales y comerciales
- Sistema de evaluación y verificación de la constancia de las prestaciones: 3/4 (3)
- Organismo notificado: (4)  
 LABORVENTA Nº 3243  
 Ensayo de tipo Sistema 3  
 INFORME LBV-31416 de 24-12-2010
- Prestaciones declaradas (2):

Características esenciales	Prestaciones	Especificaciones técnicas armonizadas
Resistencia al viento	C 5	EN 14351-1:2006 + A1:2010 (5)
Estanquidad al agua	Clase 8A	
Sustancias peligrosas	NPD	
Soportar cargas (dispositivos de seguridad)	NPD	
Prestación acústica	33 dB (-1; 5)	
Transmitancia térmica	1,7 W/m²K	
Propiedades de radiación (factor solar)	0,55	
Propiedades de radiación: transmitancia luminosa	0,75	
Permeabilidad al aire	Clase 4	

- Las prestaciones del producto identificado en el punto 1 son conformes con las prestaciones declaradas en el punto 6.
- La presente declaración de prestaciones se emite bajo la única responsabilidad del fabricante indicado en el punto 2.
- Firmado por y en nombre del fabricante o importador o distribuidor por Pepe Ventana

Firma \_\_\_\_\_ Lugar y fecha de emisión  
 \_\_\_\_\_ Madrid, 1 de julio de 2013

Figura 1.2. Ejemplo de Declaración de Prestaciones para ventanas.

En el caso de las persianas, como elemento independiente, también llevan su propio marcado CE (obligatorio desde el 01-04-2010). En este caso se trata de un sistema de evaluación y verificación de la constancia de las prestaciones tipo 4 (no interviene el Organismo Notificado en ninguna de las tareas).

El marcado CE es de aplicación a las celosías venecianas exteriores, persianas enrollables, persianas batientes, persianas venecianas, persianas de acordeón de cierre plano, persianas acordeón o persianas de panel deslizante, con o sin sistema de proyección.

En la Tabla ZA.1 de la norma se indican las características esenciales a declarar en el marcado CE para estos productos, que son: la resistencia a las cargas de viento (clase), la resistencia térmica adicional (valor) y la transmitancia de energía solar total,  $g_{tot}$  (valor). La norma de producto del año 2015 incluye estas tres características, está pendiente la publicación de las fechas de marcado CE según esta nueva norma, la versión anterior solo incluía como característica esencial a declarar el valor de la resistencia a las cargas de viento.

Respecto a la resistencia térmica adicional la persiana, en posición extendida y cerrada, produce una resistencia térmica adicional  $\Delta R$ , expresada en  $m^2K/W$ .

Cuando se calcula según el método especificado en la norma UNE-EN ISO 10077-1, en base a la permeabilidad de la persiana de acuerdo a la norma EN 13125, se debe determinar el valor de la resistencia térmica adicional de la persiana.

Respecto a la transmitancia de energía solar total, la norma indica también que la limitación de las ganancias solares es uno de los aspectos más importantes para el confort térmico en verano.

Las ganancias solares son directamente proporcionales a la transmitancia de energía solar total,  $g_{tot}$ . Este  $g_{tot}$ , depende del acristalamiento y de la persiana. Cuando se calcula, de acuerdo a la norma europea EN 13363-1, en base a las propiedades de los materiales según la norma europea EN 14500, el valor de la transmitancia de energía solar total de la persiana debe determinarse de acuerdo a las condiciones dadas en la norma europea EN 14501. Para la declaración del valor  $g_{tot}$  se pueden considerar las tolerancias dadas en la norma EN 13363-1.





La Fig. 1.3 muestra un ejemplo de Declaración de Prestaciones para persianas para uso en edificios y otras construcciones.

<b>DECLARACIÓN DE PRESTACIONES</b>		
<b>N° 001CPR2014-06-28</b>		
<b>1. Código de identificación única del producto tipo:</b> PERSIANA –RS-ALU-12345. Persiana enrollable de aluminio ref. 12345		
<b>2. Usos previstos:</b> Uso exterior en edificios y otras construcciones		
<b>3. Fabricante:</b> Fabricante, S.A. Dirección – Teléfono – Fax – Mail		
<b>4. Sistema de evaluación y verificación de la constancia de las prestaciones:</b> sistema 4		
<b>5. Prestaciones declaradas:</b>		
CARACTERÍSTICAS ESENCIALES	PRESTACIONES	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS ARMONIZADAS
Resistencia a la carga de viento	Clase 3	EN 13659:2015
Resistencia térmica adicional $\Delta R$	0,15 m <sup>2</sup> K/W	
Transmitancia de energía solar total $g_{tot}$	0,10	
<p>Las prestaciones del producto identificado anteriormente son conformes con el conjunto de prestaciones declaradas. La presente declaración de prestaciones se emite, de conformidad con el Reglamento (UE) no 305/2011, bajo la sola responsabilidad del fabricante arriba identificado. Firmado por y en nombre del fabricante por:</p> <p>[Nombre] .....</p> <p>En [lugar] ..... el [fecha de emisión] .....</p> <p>[Firma] .....</p>		

**Figura 1.3.** Ejemplo de Declaración de Prestaciones para persianas.  
Fuente: Norma EN 13659:2015.

La Fig. 1.4 muestra un ejemplo de etiqueta de marcado CE para esta persiana.

<b>CE</b>	
FABRICANTE DIRECCIÓN 15 Nº 001CPR2014-06-28	
<b>EN 13659:2015</b>	
PERSIANA – RS-ALU-12345. Persiana enrollable de aluminio ref. 12345 Uso exterior en edificios y otras construcciones	
Resistencia a la carga de viento:	Clase 3
Resistencia térmica adicional $\Delta R$ :	0,15 m <sup>2</sup> K/W
Transmitancia de energía solar total g <sub>tot</sub> :	0,10

**Figura 1.4.** Ejemplo de Etiqueta de marcado CE para persianas.  
Fuente: Norma EN 13659:2015.

Pero además del requisito obligatorio del marcado CE, las ventanas pueden incorporar diferentes etiquetados que también informan sobre las prestaciones térmicas de las ventanas, como por ejemplo los siguientes:

#### – **Marcas voluntarias de calidad**

Entre ellas, la Marca N de AENOR para ventanas, una certificación de la calidad de las ventanas y balconeras que supone que las ventanas, cualquiera que sea la materia prima de sus perfiles, son conformes con la norma UNE-EN 14351-1 aplicable y las especificaciones técnicas complementarias. Supone además que el fabricante ha implantado un sistema de gestión de la calidad que satisface los requisitos de la norma UNE-EN ISO 9001 y que el fabricante realiza su correspondiente control interno.

Para poder ostentar el correspondiente marcado N de AENOR el fabricante debe ensayar anualmente sus ventanas, entre los ensayos a realizar se incluye el ensayo de permeabilidad al aire de las ventanas. Además, los certificados de marca de ventanas incluyen el cálculo, en organismo notificado, de las prestaciones térmicas de las ventanas para diferentes valores de la transmitancia térmica de las unidades de vidrio aislante.



### – **Etiqueta de Eficiencia Energética de las Ventanas**

Se trata de una iniciativa promovida por ASEFAVE (Asociación Española de Fabricantes de Fachadas Ligeras y Ventanas).

La etiqueta tiene como finalidad servir de criterio objetivo al particular que está considerando el cambio de las ventanas en su vivienda. El etiquetado es de carácter voluntario para los fabricantes y califica la mayor o menor eficiencia energética de la ventana en función de sus prestaciones técnicas intrínsecas (transmitancia térmica, permeabilidad al aire y factor solar del acristalamiento), sin realizar cálculos ni estimaciones del posible ahorro energético que los hogares pueden conseguir con el cambio de las ventanas, ya que estos valores dependen no sólo de las características de las mismas, sino también de la tipología constructiva del edificio o vivienda, su localización geográfica e, incluso, de los hábitos del propio usuario.

En la etiqueta se distingue una clasificación de invierno y una clasificación de verano. La clasificación de invierno tiene siete niveles de eficiencia, que van desde el color verde y la letra A para las ventanas más eficientes, hasta el color rojo y la letra G para las menos eficientes. La clasificación de verano tiene tres niveles de eficiencia que van desde tres estrellas para las ventanas más eficientes hasta una estrella para las menos eficientes.

Los valores utilizados en el programa de cálculo provienen del marcado CE de la ventana, obligatorio desde febrero de 2010.

La Fig. 1.5 muestra un ejemplo de Etiqueta de Eficiencia Energética para las ventanas.

Toda la información referente al etiquetado energético de las ventanas se encuentra disponible en [www.ventanaseficientes.com](http://www.ventanaseficientes.com), que incluye un simulador para conocer a priori la calificación de la ventana a partir de sus datos técnicos, así como un listado de aquellas empresas que disponen de la licencia de etiquetado.

En cualquier caso, respecto a los valores de la transmitancia térmica de las ventanas se recomienda consultar a los fabricantes que disponen de los ensayos y cálculos pertinentes, según las normas explicadas con anterioridad.



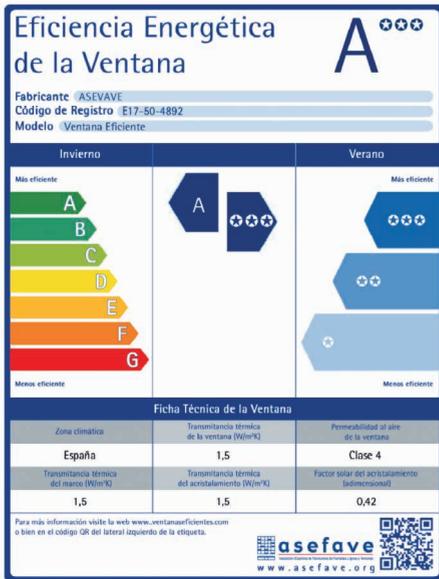


Figura 1.5. Ejemplo de Etiqueta de Eficiencia Energética de ventanas.

### 1.3. EXIGENCIAS RESPECTO A LAS PRESTACIONES TÉRMICAS DE LAS VENTANAS

#### 1.3.1. Transmitancia térmica

El Documento Básico DB HE del Código Técnico de la Edificación establece una limitación del consumo del edificio, así como de la demanda del mismo. Las ventanas deben elegirse teniendo en cuenta estas limitaciones para asegurar que se cumplen los valores establecidos.

El DB HE aporta, en su apéndice E, valores orientativos de los parámetros característicos de la envolvente térmica para el predimensionado de soluciones constructivas en uso residencial.

El uso de soluciones constructivas con parámetros característicos iguales a los indicados en el documento no garantiza el cumplimiento de la exigencia pero debería conducir a soluciones próximas a su cumplimiento. Los valores se han obtenido considerando unos puentes térmicos equivalentes a los del edificio de referencia y un edificio de una compacidad media.

Para simplificar el uso de las tablas se ha tomado como límite de aplicación una superficie total de huecos no superior al 15% de la superfi-



cie útil. En el documento se indica que las transmitancias térmicas de huecos y el factor solar modificado recomendados deberían reducirse respecto a los indicados en caso de tener relaciones mayores de superficie de huecos respecto a la superficie útil.

La descripción de la captación solar en invierno es cualitativa. Es alta para edificios con ventanas sin obstáculos orientadas al sur, sureste o suroeste, y baja para orientaciones norte, noreste, noroeste, o para cualquier orientación en el caso de existir obstáculos que impidan la radiación directa sobre los huecos. Para cada nivel de captación y zona climática se proporciona un rango de transmitancias que corresponde a un porcentaje total de huecos respecto a la superficie útil entre el 15% (nivel inferior) y el 10% (nivel superior).

Se resalta en el documento el carácter exclusivamente orientativo de los valores aportados en el apéndice, de manera que su empleo no garantiza el cumplimiento de la exigencia de limitación de demanda energética, si bien son valores que pueden servir de orientación para la fase inicial de diseño de las soluciones constructivas de un edificio.

A diferencia de la versión anterior del DB-HE1, donde el único factor efectivo de limitación de la demanda, debido al uso de un edificio de referencia, era la construcción de los elementos, especialmente su nivel de aislamiento, el nuevo documento aborda el problema de manera más general y el diseño del edificio tiene un papel muy importante, por lo que unas mismas soluciones constructivas pueden dar lugar a demandas energéticas muy diferentes. Se muestran en la Tabla 1.11 los valores dados para la transmitancia térmica de los huecos.

**Tabla 1.11.** Transmitancia térmica de huecos (W/m<sup>2</sup>K).

TRANSMITANCIA TÉRMICA DE HUECOS (W/m <sup>2</sup> K)		$\alpha$	A	B	C	D	E
Captación solar	Alta	5.5 - 5.7	2.6 - 3.5	2.1 - 2.7	1.9 - 2.1	1.8 - 2.1	1.9 - 2.0
	Media	5.1 - 5.7	2.3 - 3.1	1.8 - 2.3	1.6 - 2.0	1.6 - 1.8	1.6 - 1.7
	Baja	4.7 - 5.7	1.8 - 2.6	1.4 - 2.0	1.2 - 1.6	1.2 - 1.4	1.2 - 1.3

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

Asimismo, el DB HE incluye, en su Tabla 2.3 (véase la Tabla 1.12) los valores de la transmitancia térmica máxima. Estos valores son de aplicación **solo en el caso de pequeñas reformas.**



**Tabla 1.12.** Transmitancia térmica máxima y permeabilidad al aire de los elementos de la envolvente térmica.

PARÁMETROS	ZONA					
	$\alpha$	A	B	C	D	E
Transmitancia térmica de muros y elementos en contacto con el terreno <sup>(1)</sup> [W/m <sup>2</sup> ·K]	1,35	1,25	1,00	0,75	0,60	0,55
Transmitancia térmica de cubiertas y suelos en contacto con el aire [W/m <sup>2</sup> ·K]	1,20	0,80	0,65	0,50	0,40	0,35
Transmitancia térmica de huecos <sup>(2)</sup> [W/m <sup>2</sup> ·K]	5,70	5,70	4,20	3,10	2,70	2,50
Permeabilidad al aire de huecos <sup>(3)</sup> [m <sup>3</sup> /h·m <sup>2</sup> ]	≤ 50	≤ 50	≤ 50	≤ 27	≤ 27	≤ 27

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

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

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

### 1.3.2. Permeabilidad al aire

El Código Técnico de la Edificación, en su Documento Básico de Ahorro de Energía, establece que la permeabilidad al aire de las carpinterías, medida con una sobrepresión de 100 Pa y referida a la superficie total, tendrá unos valores inferiores a los siguientes:

- a) para las zonas climáticas alfa, A y B: menor a 50 m<sup>3</sup>/h m<sup>2</sup>; esto significa que las ventanas deben ser de clase 1 como mínimo.
- b) para las zonas climáticas C, D y E: menor a 27 m<sup>3</sup>/h m<sup>2</sup>; esto significa que las ventanas deben ser de clase 2 como mínimo.

Véase la Tabla 1.2, donde se indican las clases de la permeabilidad al aire de los huecos, medida con una sobrepresión de 100 Pa.

### 1.3.3. Factor solar modificado

El apéndice E del DBHE establece que para el factor solar modificado se podrá tomar como referencia, para zonas climáticas con un verano tipo 4, un valor inferior a 0,57 en orientación sur/sureste/suroeste, e inferior a 0,55 en orientación este/oeste. Véase la Tabla 1.11.

## BIBLIOGRAFÍA

ASEFAVE (2009): «Manual de producto. Ventanas. 2.ª edición». Ed. AENOR, Madrid, España.

Normas europeas:

UNE-EN ISO 10077-1:2010. Características térmicas de ventanas, puertas y contraventanas. Cálculo del coeficiente de transmisión térmica. Parte 1: Método simplificado.

UNE-EN ISO 12567-1:2011. Comportamiento térmico de puertas y ventanas. Determinación de la transmitancia térmica por el método de la caja caliente. Parte 1: Puertas y ventanas completas. (ISO 12567-1:2010).

EN ISO 12567-2:2005. Thermal performance of windows and doors. Determination of thermal transmittance by hot box method. Part 2: Roof windows and other projecting windows (ISO 12567-2:2005).

UNE-EN 1026:2000. Ventanas y puertas. Permeabilidad al aire. Método de ensayo.

UNE-EN 12207:2000. Puertas y ventanas. Permeabilidad al aire. Clasificación.

UNE-EN 13125:2001. Persianas y celosías. Resistencia térmica adicional. Atribución de una clase de permeabilidad al aire a un producto.

UNE-EN 14351-1:2006+A1:2011. Ventanas y puertas peatonales exteriores. Norma de producto, características de prestación. Parte 1: Ventanas y puertas peatonales exteriores sin características de resistencia al fuego y/o control de fugas de humo.

UNE-EN 13363-1:2006+A1:2008. Dispositivos de protección solar combinados con acristalamiento. Cálculo del factor de transmitancia solar y luminosa. Parte 1: Método simplificado.

UNE-EN 14500:2010. Toldos y persianas. Confort térmico y acústico. Métodos de ensayo y de cálculo.

UNE-EN 14501:2006. Persianas y celosías - Confort térmico y visual - Características de prestaciones y clasificación.

UNE-EN 13659:2004+A1:2009. Persianas. Requisitos de prestaciones incluida la seguridad.



# 2

## ACRISTALAMIENTOS PARA VENTANAS DE ALTA EFICIENCIA



**Foto 2.1.** Ventanas con acristalamiento de Aislamiento Térmico Reforzado y Control Solar permitiendo visibilidad y grandes aportes de luz. sGG CLIMALIT PLUS con PLANITHERM 4S ( $U=1,0$  W/m<sup>2</sup>K;  $g=0,43$ ;  $TL=65\%$ ). Rehabilitación IES Diego Velázquez (Torrelodones -Madrid). Fuente: sGG CLIMALIT– Saint-Gobain Glass.

### 2.1. INTRODUCCIÓN

Ya que el vidrio no es poroso ni permeable, parece del todo evidente que las propiedades térmicas de la ventana que hacen referencia a su estanqueidad dependen fundamentalmente del marco, de su instalación y de la colocación del vidrio sobre éste. Por otra parte las propiedades que hacen referencia a su capacidad de aislamiento, su transparencia, visibilidad a través, aporte de luz natural y control



solar, dependen fundamentalmente del acristalamiento instalado, principalmente por ser el elemento transparente y por la superficie que ocupa en el conjunto de la ventana (entre el 70% y el 90 % de la superficie del hueco).



**Foto 2.2.** Sistemas de control solar tradicional con pérdida de visión y aportes luminosos.  
Fuente: Propiedad del autor.

Con los acristalamientos existentes hoy en día, cualquier consideración sobre la eficiencia energética de la ventana debe hacerse desde el punto de vista de respetar al máximo las funciones fundamentales por las que ha sido instalada: la entrada de luz natural y el contacto visual con el exterior.

Cualquier otra prestación que hoy se le encomiende a la ventana o cerramiento acristalado, como pueda ser el aislamiento acústico, el aislamiento térmico, la seguridad, la ventilación, etc. pueden ser cubiertas, sino mejoradas, por un cerramiento opaco como es el muro de fachada. Sin embargo, si se le exigen a la ventana es debido a no querer disminuir sus funciones de transparencia, visibilidad, aporte de luz natural. Es decir, sus cometidos principales.

Tanto es así que a nadie puede ocurrírsele, por ejemplo, valorar las prestaciones térmicas de una ventana con la persiana cerrada, o sin tener en cuenta el retranqueo y la sombra por este arrojada o con un toldo sombreando quitando luz y visibilidad.

La ventana, y sus prestaciones de eficiencia energética, se consideran y deben ser consideradas en función de su ubicación, orientación y solución constructiva sin considerar los elementos graduables que limitan sus funciones principales; dejar ver y dejar entrar luz natural valorando su coste, mantenimiento y vida útil de los elementos que la conforman y le confieren sus propiedades



## 2.2. PRINCIPALES PARÁMETROS QUE CARACTERIZAN UN ACRISOLAMIENTO

Desde un punto de vista energético la ventana ha sido hasta hoy un punto débil de la envolvente. Podríamos considerar que la ventana es el principal puente térmico que podemos encontrar en la piel del edificio, tanto por la superficie que representa en ésta como por los valores de aislamiento térmico que los productos instalados ofrecen.

Hoy en día los productos vítreos disponibles en el mercado, como es el caso de los acrisolamientos de Aislamiento Térmico Reforzado (ATR) SGG CLIMALIT PLUS, pueden situar un acrisolamiento al mismo nivel de aislamiento térmico que un muro. Todo un logro si consideramos que el muro necesita de unos 30 cm de espesor mientras el acrisolamiento puede resolver esta cuestión contando solo con un espesor de entre 30 y 40 mm. Además de conservar su transparencia y paso de luz (Foto 2.3).



**Foto 2.3.** Ventana de altas prestaciones energéticas con reducidos valores de U y g, y alta transmisión luminosa con acrisolamiento:

SGG CLIMALIT PLUS con PLANISTAR 4 (16) 4

U = 1,3 W/m<sup>2</sup>K, g= 0,38, TL 72%

Fuente: Propiedad del autor.



La capacidad de aislamiento ofrecida por un acristalamiento o, mejor dicho, la limitación de las pérdidas energéticas a través de un acristalamiento cuando entre los ambientes que separa existe un diferencial de temperatura, es lo que se conoce como valor U o **Transmitancia Térmica** del acristalamiento.

Pero éste no es el único parámetro que interviene en la eficiencia energética de la ventana. A diferencia de la parte opaca de la envolvente, la ventana, a través del acristalamiento, es transparente a una gran parte de la radiación solar permitiendo el paso de una cierta cantidad de luz visible pero también del ultravioleta y de la radiación infrarroja.

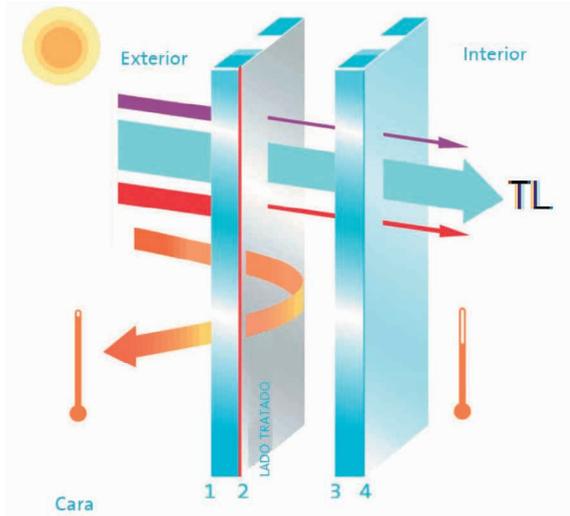
Si bien el paso de **Radiación Ultravioleta** a través del vidrio es pequeño, por debajo del 60% con un doble acristalamiento sencillo, es posible reducir esta transmisión ultravioleta a niveles muy bajos, si ello fuese necesario, con la instalación de un simple vidrio laminar con PVB (Butiral de Polivinilo). En estos casos con la instalación de un vidrio SGG STADIP 33.2, o composición superior, la transmisión de radiación ultra violeta queda reducida a menos del 1% ( $T_{uv} = 0,7\%$ ).

La radiación ultravioleta tiene su principal incidencia en la decoloración de pigmentos y no tanto en el comportamiento energético del acristalamiento por lo que, no siendo objeto específico de esta Guía y sabiendo que es posible una reducción por debajo del 1% con la instalación del vidrio laminar más simple con doble PVB, no abordaremos en detalle los diferentes comportamientos de los acristalamientos. Este parámetro resulta de vital importancia en escaparates y sobre todo en aquellos casos en los que el producto expuesto sea sensible a este tipo de radiación (obras de arte, pinturas, tallas en madera, peletería,...) pero no así en las ventanas del sector residencial y/o terciario.

El segundo componente de la radiación solar puede considerarse la **Radiación Visible**. Lo que se conoce como «luz» o, para ser más precisos, «luz natural». El sol emite una radiación que es detectada por nuestros ojos. A este tipo de radiación es lo que llamamos «luz». Con una frecuencia que oscila entre los 380nm del color violeta y los 780nm del color rojo, dando todos ellos por mezcla la luz blanca solar.

Cuanto más cantidad de luz deje pasar un acristalamiento más contribuye a la eficiencia energética de la vivienda o local ya que será menor la necesidad de aportes de luz artificial. La cantidad de luz

que penetra en un habitáculo será función directamente del tamaño del hueco y de la **Transmisión Luminosa** (TL) del acristalamiento, además de la orientación y la existencia o no de obstáculos que impidan o reduzcan los aportes de luz (Fig. 2.1).



**Figura 2.1.** Esquema de paso de la radiación solar a través del acristalamiento.  
Fuente: sGG CLIMALIT– Saint-Gobain Glass.

Quizás sea este uno de los parámetros más importantes ya que en él radica buena parte de la funcionalidad intrínseca de una ventana; permitir el aporte de luz natural. Así puede desecharse alguna estrategia de eficiencia energética por lo que supone de reducción de aportes luminosos y/o pérdida de visibilidad a través de la propia ventana.

Otro aspecto a considerar no es la cantidad de luz sino la calidad de la luz aportada a través del acristalamiento. El en sector residencial no tiene gran influencia ya que los acristalamientos utilizados están formados por vidrios neutros que no modifican la calidad de la luz aportada. No es igual en el sector terciario donde se utilizan diversos vidrios de color que pueden modificar las características luminosas interiores o bien de los objetos observados a través del acristalamiento. Existen parámetros que permiten controlar la neutralidad de los acristalamientos y la verosimilitud de los colores observados.

Para finalizar, queda por analizar la parte del espectro solar que corresponde a la **Radiación Infrarroja** y que fundamentalmente repre-





senta el calor que proviene del sol y es transmitido por encima de los 780nm, su percepción se produce como sensación térmica y no como aporte luminoso. Cabe destacar que en este rango del espectro solar debemos diferenciar el infrarrojo próximo (NIR) de la radiación infrarroja por encima de los 2500nm. El comportamiento del vidrio es diferente frente al primer tipo de radiación que frente al segundo. Este comportamiento diferente es lo que hace que se produzca el efecto invernadero tras las superficies acristaladas.

El vidrio es transparente en parte a la radiación solar y deja pasar un porcentaje de la energía calorífica que proviene del sol cuando éste incide sobre el acristalamiento, sin embargo, cuando el sol calienta los objetos del interior del habitáculo y éstos reemiten el calor que han absorbido, lo hacen en longitudes de onda superiores a los 2500nm. El vidrio no permite el paso de estas longitudes de onda por lo que se produce en el interior un recalentamiento conocido como efecto invernadero.



**Foto 2.4.** Acristalamiento de protección solar. Reducción de aportes energéticos sin reducción de visibilidad.

Fuente: Propiedad del autor.

Si a la **Transmisión Energética directa** (TE) le sumamos la parte de calor correspondiente a la reemisión de calor hacia el interior por el vidrio que ha adquirido temperatura, obtendremos un valor global de lo que el vidrio es capaz de protegernos de la radiación solar incidente.

Esta medida global es lo que se conoce como **Factor Solar** del acristalamiento y depende de diversos factores.

Los acristalamientos existentes hoy en día permiten reducir fuertemente las entradas de sol del verano sin perder visibilidad a través de la ventana y sin renunciar a elevados aportes de luz natural.

La protección de la entrada excesiva del sol renunciando a la visibilidad y/o la cantidad de luz que entra por una ventana es fácil de alcanzar. Es suficiente con bajar la persiana. Sin embargo estamos perdiendo luz y visión a través (Foto 2.5).



**Foto 2.5.** Ventanas dotadas de lamas horizontales como medio de protección solar y doble acristalamiento tradicional. La visibilidad y el aporte de luz se ven fuertemente reducidos.  
Fuente: Propiedad del autor.

Los vidrios que hoy existen en el mercado permiten reducir mucho la entrada del calor del sol manteniendo elevados aportes luminosos. Este tipo de acristalamientos se denominan de alta selectividad o altamente selectivos. La **Selectividad** de un acristalamiento es la propiedad que nos indica la relación entre la luz que deja pasar y el control solar que nos ofrece. Las soluciones que hoy ofrece la industria se encuentran muy próximas a los límites físicos que, por la propia naturaleza de la luz, pueden alcanzarse.





Este es el caso por ejemplo del SGG CLIMALIT PLUS con PLANISTAR que aporta elevada neutralidad, alta transmisión luminosa y bajo factor solar (Foto 2.3).

Para obtener una visión global de la eficiencia energética de una ventana no se deben considerar cada una de las propiedades mencionadas de forma independiente sino en su conjunto, buscando un equilibrio entre ellas y considerando las características particulares de la ubicación y orientación de cada ventana. No puede considerarse igual una ventana en un primer piso de una zona urbana, donde las sombras arrojadas por los edificios cercanos pueden eliminar la entrada de sol y reducir los aportes luminosos que el acristalamiento de una terraza de un ático orientado al suroeste donde podemos encontrar exceso de luz y de soleamiento.

Una vez contempladas las principales características que pueden afectar al hueco y a la ventana, por tanto al acristalamiento, a continuación se desarrollan cada una de las propiedades mencionadas desde el punto de vista de la caracterización del acristalamiento.

- Transmitancia térmica
- Factor solar
- Transmisión Luminosa
- Selectividad

### 2.2.1. Transmitancia térmica U (W/m<sup>2</sup>K)

La transmitancia térmica, o valor U, de un acristalamiento se define como:

*Parámetro del acristalamiento que caracteriza la transferencia térmica a través de la parte central del mismo sin tener en cuenta los efectos del borde y evalúa la cantidad de calor que atraviesa, en régimen estacionario, la parte central del acristalamiento, por unidad de superficie y para una diferencia unitaria de temperatura entre los ambientes situados a un lado y otro del acristalamiento. El valor U se expresa en vatios por metro cuadrado y grado kelvin [W/(m<sup>2</sup>K)] (Definición según norma UNE-EN 673).*



**Figura 2.2.** Simulación de temperaturas interiores de un acristamiento en función de su valor U. Fuente: sgc CLIMALIT– Saint-Gobain Glass.

El valor declarado se obtiene en condiciones normalizadas recogidas en la misma norma, para un salto térmico entre ambos ambientes de 15K (equivalente a 15°C) y se expresa con un único decimal. Suele expresarse como  $U_v$  (vidrio) o  $U_g$  (glass) (por ejemplo  $U_v=2,7 \text{ W/m}^2\text{K}$ ).

Del análisis de la definición que nos aporta la norma de cálculo de este parámetro, se desprenden algunas precisiones que es bueno tener en cuenta:

- La transmitancia térmica del acristamiento no depende de su tamaño: es una magnitud que se calcula o se mide en el centro del acristamiento y que tiene en consideración las transferencias de calor a través de cada elemento que conforma el acristamiento: vidrio-aire o gas-vidrio-....Ello quiere decir que no considera los efectos de borde ni la longitud del perímetro del acristamiento. Esto si tendrá influencia en el valor U de la ventana que toma en consideración el comportamiento conjunto marco vidrio.
- El valor obtenido representa la transferencia en régimen estacionario, es decir las temperaturas y el flujo térmico son constantes. No tiene en cuenta los efectos por ejemplo de la existencia de viento.
- Representa las pérdidas por unidad de superficie, m<sup>2</sup> de acristamiento; luego es tanto más importante cuanto mayor sea la dimensión de la ventana acristalada. Siempre deberá cuidarse mucho más este parámetro cuanto mayor sea el hueco acristalado.



## Guía de Ventanas Eficientes y Sistemas de regulación y control solar

- Su valor hace referencia a la transferencia energética para una diferencia unitaria de temperatura entre ambos lados; es decir que su importancia es tanto mayor cuanto mayor salto térmico exista entre el interior y el exterior de la vivienda.

En este sentido es conveniente hacer dos precisiones más.

- Por una parte, la transmitancia térmica caracteriza al acristalamiento tanto en invierno como en verano en relación a la diferencia de temperaturas entre exterior e interior. En invierno se producirán pérdidas de calor (calefacción) hacia el exterior y en verano entradas de calor (menor confort o mayor necesidad de aire acondicionado) hacia el interior.
- Por otra parte la transferencia térmica es función del salto de temperaturas. En invierno, cuanto más sube la temperatura interior por uso de la calefacción mayores son las pérdidas energéticas a través del vidrio y cualquier otro paramento, ello quiere decir que si no existe un buen aislamiento las pérdidas se disparan. Hace frío, se sube la calefacción, aumentan las pérdidas, se sube la calefacción,... se alcanzan el confort con consumos elevados. Igual razonamiento puede realizarse con el verano y el aire acondicionado.

Atendiendo a la eficiencia energética siempre será aconsejable instalar un acristalamiento con el valor U lo más pequeño posible. Ello quiere decir que reduciremos al máximo la transferencia de calor en invierno y verano.

**Menor valor U, menor Transmitancia, quiere decir: menores pérdidas, mayor ahorro.**

La transmitancia térmica y, en consecuencia, las pérdidas a través del vidrio es una propiedad del material y por tanto difícilmente puede ser modificada. Para los vidrios monolíticos, de una sola hoja de vidrio, puede considerarse que no depende del espesor, aunque existe una pequeña diferencia entre vidrios más finos y los más gruesos, y así tomar un valor medio de  $5,70 \text{ W/m}^2\text{K}$ :

Vidrio incoloro sGG PLANICLEAR 4mm	$U_v=5,75 \text{ W/m}^2\text{K}$
Vidrio laminar sGG STADIP 66.1 (12 mm)	$U_v=5,50 \text{ W/m}^2\text{K}$

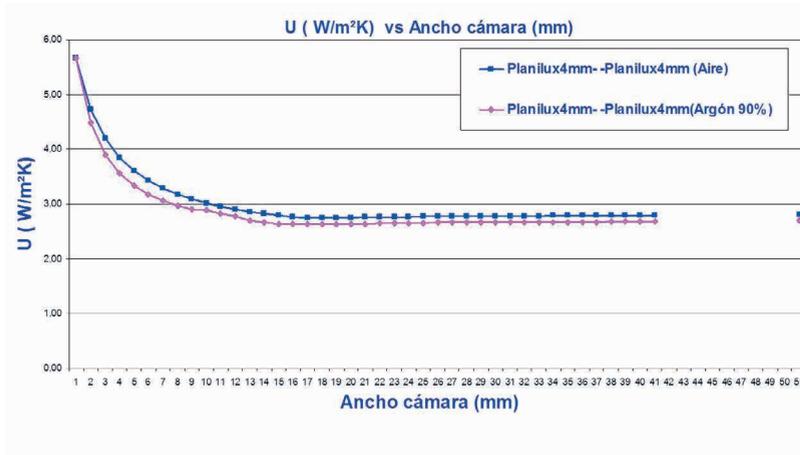
La solución de acristalamiento con vidrios monolíticos, incluso laminares, responde a una época en la que no existía otra posibilidad y el

acristalamiento se constituía como medio para evitar la entrada de agua y aire por el hueco.

Esto quiere decir, en términos de rehabilitación, que todas las ventanas acristaladas con vidrios monolíticos (lo existente en la época en que se acristalaron) son susceptibles de ser mejoradas mediante la instalación de ventanas con acristalamientos más aislantes.

Con el paso del tiempo la industria ha desarrollado nuevas formas de acristalar, alguna ya superada, que mejoran sensiblemente la solución de acristalamiento simple o sencillo utilizada masivamente hasta los años 80 del pasado siglo.

La aparición del doble acristalamiento, muchas veces identificado por la marca comercial líder sGG CLIMALIT utilizado erróneamente como denominación genérica, supuso un avance en términos de aislamiento que progresivamente fue incorporándose a la edificación de nuestro país. El Gráfico 2.1 muestra esta reducción de U en función de la cámara.



**Gráfico 2.1.** Evolución de la reducción de U con el espesor de la cámara y presencia de gas.

Fuente: sGG CLIMALIT– Saint-Gobain Glass.

La instalación de acristalamientos dotados de una cámara de aire estanca limitada por dos vidrios permitió alcanzar niveles de aislamiento que duplicaban los ofrecidos por un vidrio sencillo. La Tabla 2.1 presenta el % de reducción de U, aumento de capacidad aislante, obtenido de diferentes dobles acristalamientos.



**Tabla 2.1.** Evolución de la reducción de U en % con diferentes acristalamientos.

DOBLE ACRISTALAMIENTO SGG CLIMALIT PLUS			
ACRISTALAMIENTO	U (W/m <sup>2</sup> K)	(%) <sup>1</sup>	(%) <sup>2</sup>
Vidrio monolítico 4mm	5,7	0	—
SGG CLIMALIT 4/6/4	3,3	42	0
SGG CLIMALIT 4/12/4	2,9	49	12
SGG CLIMALIT 4/16/4	2,7	53	18

<sup>(1)</sup> Reducción de U respecto a vidrio monolítico.

<sup>(2)</sup> Reducción de U respecto a doble acristalamiento básico.

**Fuente:** SGG CLIMALIT– Saint-Gobain Glass.

Podría pensarse que la introducción de un gas con menor conductividad térmica, es decir más aislante que el aire, en la cámara del doble acristalamiento podría mejorar su comportamiento como aislante. Esto es cierto, pero la ganancia obtenida por el uso de gas argón, compatible con el coste de fabricación, se limita a unas pequeñas décimas (Gráfico 2.1).

Por tanto como puede observarse en la Tabla 2.1 y en el Gráfico 2.1 el doble acristalamiento formado por dos vidrios y una cámara estanca de gas o de aire, tiene su capacidad de aislamiento máxima en cámaras de 16mm, proporcionando una transmitancia térmica de  $U_v=2,7$  W/m<sup>2</sup>K para cámaras de aire y  $U_v=2,6$  W/m<sup>2</sup>K si se considera la cámara rellena de gas argón al 90% (se declara el valor de U con una concentración de gas del 90% por convención dentro del sector de fabricantes de vidrio).

La mejora de aislamiento lograda por la instalación de doble acristalamientos en lugar de vidrios sencillos ha supuesto la reducción de las pérdidas hasta en un 50%. Es decir su transmitancia térmica se ha reducido a la mitad, pasando de un valor  $U_v=5,7$  W/m<sup>2</sup>K para un vidrio monolítico a  $U_v=2,7$  W/m<sup>2</sup>K para un doble acristalamiento básico con cámara de aire de 16mm.

El efecto logrado se obtiene al reducir las pérdidas por conducción utilizando un elemento muy poco conductor del calor como es el aire seco. El uso de cámaras por encima de 16 mm implica el inicio de fenómenos de convección en el interior de la cámara que conllevan pequeñas pérdidas de capacidad aislante. En consecuencia

la cámara que proporciona mayor aislamiento, tanto con aire como con gas argón, es la cámara de 16mm.

A partir de este límite de  $U_v=2,7 \text{ W/m}^2\text{K}$  que se obtiene con el uso de dobles acristalamientos ( $2,6 \text{ W/m}^2\text{K}$  si se considera argón al 90%) caben dos posibilidades. La primera es pensar en la capacidad aislante de un triple acristalamiento (dos cámaras de aire o gas definidas por tres vidrios) o bien pensar en algún tipo de vidrio que limite las transferencias de energía por otras vías como es la radiación.

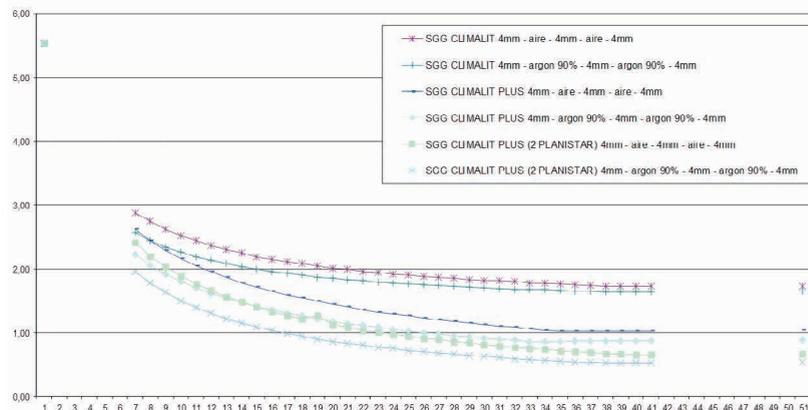
En el primer caso encontramos que tres vidrios separados por dos cámaras mejoran ligeramente el comportamiento pero vuelven a encontrar su límite de aislamiento en valores de  $U_v=1,7-1,8 \text{ W/m}^2\text{K}$  para cámaras de 16 mm rellenas de aire o gas argón al 90%. Sin embargo hemos aumentado el peso del acristalamiento notablemente al añadir un vidrio intermedio (densidad del vidrio  $2.500\text{Kg/m}^3$ ) y con ello los requisitos impuestos al marco tanto en resistencia como en espesor. Incluso si pensamos en añadir una nueva cámara, tres cámaras separadas limitadas por 4 vidrios la mejora alcanzada por duplicar el peso de un doble acristalamiento y aumentar notablemente el coste no se justifica ya que solo se alcanza un valor de  $U_v=1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$  y que en estas condiciones nuevamente se traducen en mayores exigencias a la carpintería que se traducen otra vez en mayores costes.

La segunda opción es incorporar vidrios especiales que interactúan con la radiación térmica reduciendo las pérdidas por esta vía. Son los denominados vidrios de **Aislamiento Térmico Reforzado** (ATR) o bien utilizando la terminología más técnica vidrios bajo emisivos o de baja emisividad. Con este tipo de acristalamientos desarrollados a finales de los años 80 del siglo pasado, que se fabrican habitualmente en nuestro país estando disponibles sin problema en el mercado, se pueden alcanzar valores de  $U_v=1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$  con un doble acristalamiento con cámara de aire y  $U_v=1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$  en el caso de considerar gas argón al 90% en el interior de su cámara. Evitando así pesos innecesarios y carpinterías muy voluminosas y más caras.

El valor de  $U_v=1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$  es hoy en día el límite que presentan los dobles acristalamientos en términos de transmitancia térmica. Para alcanzar valores inferiores de  $U_v$  es necesario recurrir a otros gases de



costes muy elevados o a triples acristalamientos dotados de dos vidrios ATR (Gráfico 2.2)



**Gráfico 2.2.** Evolución de la reducción de U para triples acristalamientos. Fuente: SGG CLIMALIT– Saint-Gobain Glass.

Como puede observarse el comportamiento de este tipo de acristalamientos supone una mejora cualitativa que merece un apartado independiente para su descripción detallada. Su descripción pormenorizada se realiza en el epígrafe 2.3 de éste capítulo.

### 2.2.2. Factor solar del acristalamiento (g)

El factor solar o factor de transmisión de la energía solar total (g) se calcula, según recoge la norma europea UNE-EN 410 como suma del factor de Transmisión directa de energía solar y el factor de reemisión térmica hacia el interior. Es una medida global de la energía que penetra a través del acristalamiento cuando sobre este incide el sol.

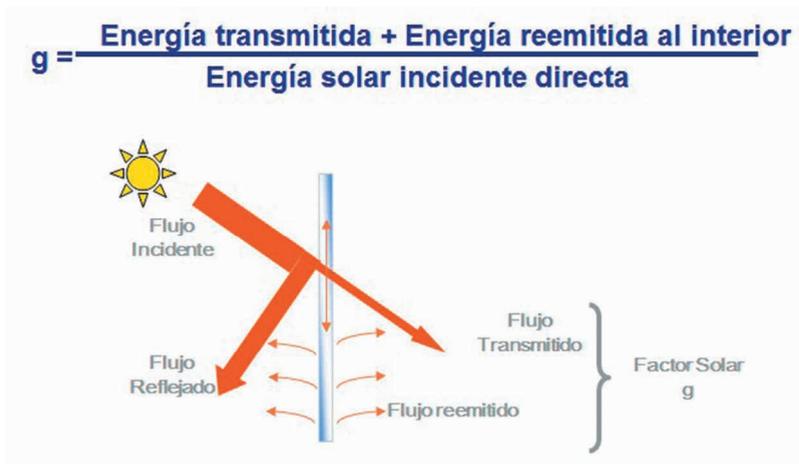
Algo más clara es la definición que recoge el Manual del Vidrio (Ed 2001: Saint-Gobain Cristalería / CITAV) que se expresa en los siguientes términos:

*El factor solar del acristalamiento (g) es la relación entre la energía solar incidente y la energía total que entra en un local (fracción de energía transmitida + la parte absorbida e irradiada al interior por el vidrio).*

Normalmente se expresa en tanto por uno con dos decimales o bien como porcentaje sin ningún decimal.

Es decir, el factor solar es una medida global de la cantidad de calor que entra a través del acristalamiento cuando el sol incide sobre el mismo. Cuanto mayor sea el valor del factor solar, más será la cantidad de calor que deja pasar y mayor el recalentamiento interior (Fig. 2.3).

**Cuanto menor sea el factor solar del acristalamiento; mayor será la protección solar que nos ofrece.**



**Figura 2.3.** Factor solar – Entrada global de calor del sol a través del acristalamiento.

Fuente: SGG CLIMALIT – Saint-Gobain Glass.

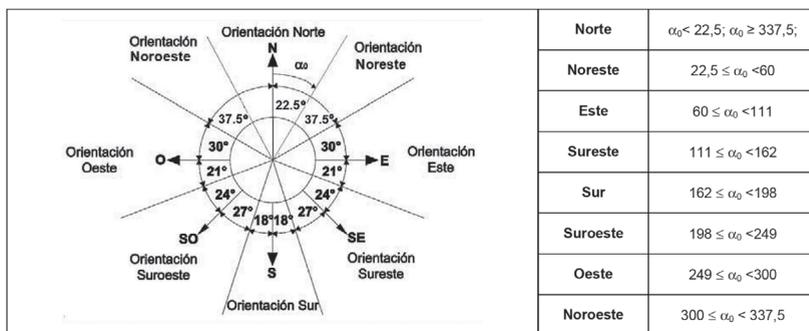
Para el cálculo del factor solar del acristalamiento se considera todo el calor que proviene del sol, tanto en el espectro ultravioleta, el visible y el infrarrojo, tomado para ello las longitudes de onda desde 300nm a 2500nm.

Las prácticas constructivas más tradicionales, ya conocedoras de lo que supone el soleamiento en latitudes como las nuestras, han abordado la cuestión mediante retranqueos o voladizos de diferente profundidad y posición según la orientación.

Hasta hoy, una vez ejecutada la solución constructiva del hueco, casi la única manera de protegerse del sol era bajar las persianas o toldos para sombrear la ventana e impedir la entrada de calor por radiación directa. Este hecho supone la reducción de aportes de luz natural y visibilidad a través de la ventana lo que significa privar a ésta de todo o parte de sus funciones principales: aportar luz y visión.



Es evidente que cada hueco, cada ventana, posee unas características propias en cuanto a la captación de radiación solar. En nuestras latitudes, salvo a primerísimas horas del día en verano, la orientación **Norte**, considerada según el Código Técnico de la Edificación CTE -2013 recogida en la Fig. 2.4 solo recibe radiación difusa. La orientación **Sur** recibe radiación directa cuando el sol está en lo más alto, con lo que el ángulo de incidencia es mucho mayor y se aumenta las sombras arrojadas por los retranqueos así como la reflexión producida por el acristalamiento. Las ventanas con orientación **Este** reciben la radiación solar a la primera hora del día cuando las temperaturas no han experimentado aún su ascenso diario, pero en verano ya es una orientación a proteger. Y para finalizar las orientaciones **Sur Oeste** y **Oeste** son las de mayor soleamiento a partir del mediodía, es decir cuando las temperaturas alcanzan su máximo diario.



**Figura 2.4.** Orientaciones según CTE.  
Fuente: CTE DB HE1- 2013 – Ministerio de Fomento.

El control solar que requiere cada hueco es diferente según sea su orientación y su tamaño. Los huecos grandes y muy grandes son una entrada de importantes cantidades de calor que luego es difícil evacuar. Por ello deben protegerse independientemente de su orientación, con acristalamientos de bajo factor solar, del entorno de  $g=0,50$  o inferior. Sin embargo huecos de tamaño normal se priorizará la orientación sobre el tamaño. Las orientaciones Sur y Sur Oeste deben acristalarse con factores solares reducidos, menores de  $0,50$  y el resto de orientaciones NE, E, SE, NW podrán acristalarse con factores solares superiores.

A diferencia de la transmitancia térmica, los valores de factor solar ofrecidos por los acristalamientos son valores fijos para cada modelo, que poco pueden modificarse por efecto del espesor del vidrio, por

ello los fabricantes de vidrio disponen de una gama de productos que cubren las diferentes necesidades tanto en el sector residencial como en el sector terciario donde las necesidades de protección solar son prioritarias dadas las dimensiones de los huecos acristalados. **Existen vidrios con diferentes prestaciones en control solar para dar respuesta a las necesidades que plantea cada hueco.** No puede acristalarse de la misma forma un hueco grande al Oeste que uno mediano al Norte al igual que no se debe acristalar con el mismo vidrio en la cornisa cantábrica que en la costa mediterránea.

Si en el caso del aislamiento térmico por diferencia de temperaturas siempre es aconsejable un valor U cuanto más bajo mejor, en términos de control solar no siempre es así. Reducciones muy fuertes de control solar pueden hacer que se pierda parte de los aportes gratuitos del sol de invierno si existen y el balance total sea peor que con un control solar moderado. Esto habrá que valorarlo frente a la mejora de confort en verano.

Derivado del control solar del acristalamiento se obtendrá el factor solar modificado del hueco aplicando el mismo concepto de transmisión directa más reemisión hacia el interior, al conjunto vidrio más marco y las sombras arrojadas por los retranqueos y elementos constructivos. La expresión recogida para ello en el Código Técnico de la Edificación (CTE-DA DB HE 1: 2013) definida anteriormente en el epígrafe 1.1.3. del Capítulo 1 es:

$$F = F_s [(1 - FM) g^\perp + FM 0,04U_m \alpha]$$

Siendo:

- **F<sub>s</sub>** el factor de sombra del hueco o lucernario en función del dispositivo de sombra o mediante simulación.
- **FM** la fracción del hueco ocupada por el marco en el caso de ventanas o la fracción de parte maciza en el caso de puertas.
- **g<sup>⊥</sup>** el factor solar de la parte semitransparente del hueco.
- **U<sub>m</sub>** la transmitancia térmica del marco [W/m<sup>2</sup>·K].
- **α** la absorptividad del marco en función de su color.

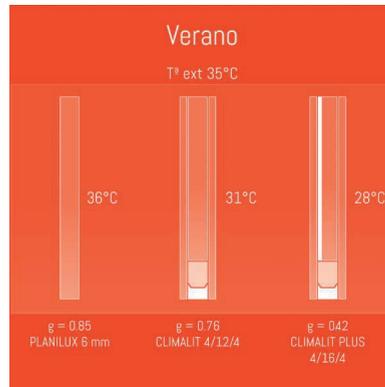




Si en la expresión anterior se considera que no existen sombreadamientos, el valor obtenido puede entenderse como factor solar de la ventana. Es decir la cantidad de calor que deja pasar la ventana cuando sobre ella incide el sol.

$$F = [(1 - FM) g^{\perp} + FM 0,04Um \alpha]$$

Como puede observarse, el factor solar de la ventana depende fundamentalmente del valor  $g^{\perp}$ , factor solar del vidrio, y de la superficie ocupada por el vidrio (1-FM) por lo que la elección del acristalamiento adecuado es la clave para obtener el comportamiento energéticamente más eficiente en términos de aportes solares. Fig. 2.5.



**Figura 2.5.** Simulación de temperaturas interiores de un acristalamiento en función de su valor g  
Fuente: SGG CLIMALIT- Saint-Gobain Glass.

### 2.2.3. Transmisión Luminosa (TL)

Aunque en muchas ocasiones al hablar de eficiencia energética de la envolvente no se tiene en cuenta, la característica de transmisión luminosa es fundamental a la hora de evaluar la eficiencia energética de la ventana. Siendo una de las funciones básicas de la ventana el aportar luz natural, cuando ésta no existe o es escasa es necesario recurrir a la iluminación artificial con el consiguiente consumo energético.

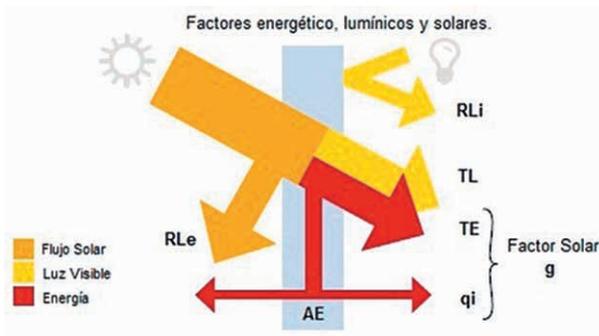
La iluminación del habitáculo depende de parámetros constructivos como orientación, posición y dimensiones del hueco así como de la cantidad de luz que es capaz de atravesar el acristalamiento. Es decir, de la Transmisión Luminosa (TL) de éste.



La Transmisión Luminosa se define como la relación de luz que atraviesa el acristalamiento y penetra en el interior del habitáculo sobre el total de luz incidente. Normalmente se expresa en porcentaje y nos aporta una medida de lo «transparente» que es un acristalamiento (Fig. 2.6).

Para su cálculo se mide el porcentaje de cada longitud de onda del espectro visible, entre el violeta (380nm) y el rojo (780nm), calculando posteriormente el valor total.

La luz del sol que llega a la superficie del vidrio es en parte reflejada y otra parte transmitida al interior. Existe una pequeña porción que es absorbida pero ésta solo tiene verdadera repercusión en acristalamientos de color.



**Figura 2.6.** Transmisión Luminosa (TL):  
Porcentaje de luz solar que penetra a través del acristalaje.  
Fuente: SGG CLIMALIT – Saint-Gobain Glass.

Los vidrios neutros, incoloros, poseen transmisiones muy elevadas que se sitúan en torno al 80% para un doble acristalamiento incoloro normal.

La búsqueda de protección solar a través del acristalamiento ha hecho que se desarrollen diferentes tipos de vidrio que buscan el equilibrio entre la transmisión luminosa que ofrecen y su factor solar. Los vidrios reflectantes para el control solar aumentan mucho la reflexión de la luz disminuyendo consecuentemente el porcentaje de luz transmitida. Normalmente estos acristalamientos no se utilizan en el sector residencial quedando su uso casi exclusivamente en el sector terciario. El desarrollo de vidrios neutros de control solar ha supuesto la reducción de esta reflexión hasta niveles similares a los de un doble acristalamiento básico conservando así la cantidad de luz transmitida muy próxima a la de un vidrio tradicional. Esta solución es de aplicación en los acristalamientos de viviendas aportando control solar minimizando al máximo la reducción de aportes de luz natural.



Los vidrios de Aislamiento Térmico Reforzado (ATR) modifican muy poco la transmisión luminosa, de forma que no se aprecia ninguna diferencia con un acristalamiento normal. Los vidrios de control solar ofrecen transmisiones luminosas ligeramente inferiores a un vidrio tradicional pero sin llegar en muchas ocasiones a ser percibido por el ojo humano, Siendo necesario el uso de detectores especiales. (Foto 2.6)



**Foto 2.6.** SGG CLIMALIT PLUS - Acristamiento de Aislamiento Térmico Reforzado (ATR). Elevada neutralidad y alta transmisión luminosa que hacen imperceptible cualquier diferencia con el doble acristalamiento tradicional. Fuente: SGG CLIMALIT – Saint-Gobain Glass.

El logro de los actuales acristalamientos es que ofrecen buenos niveles de control solar disminuyendo muy poco la transmisión luminosa. Estos acristalamientos son los que se denominan acristalamientos de alta selectividad.

#### 2.2.4. Selectividad

Como ya ha sido expuesto, protegerse del sol renunciando a los aportes de luz natural es relativamente sencillo. La capacidad de un acristalamiento de proteger del sol, es decir ofrecer un factor solar bajo, a la vez que permitir elevados aportes de luz es lo que se entiende por selectividad de un vidrio. Por tanto la selectividad de un vidrio puede definirse

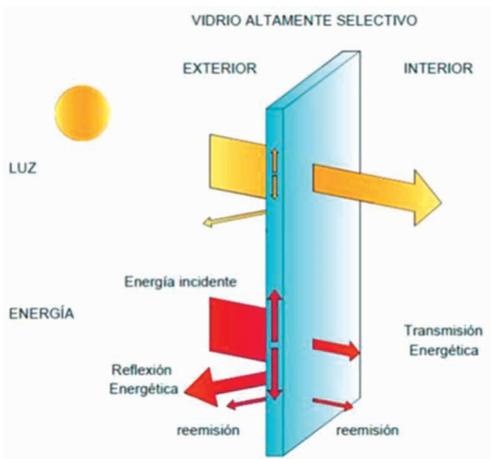
como la relación que existe entre su Transmisión Luminosa y el factor solar expresados ambos como se han presentado en párrafos anteriores.

En muchas ocasiones se expresa como un parámetro adimensional con dos decimales y otras ocasiones como la fracción TL/g.

No existe norma que defina la selectividad del acristalamiento y en algún caso puede estar calculada como el cociente entre la Transmisión Luminosa y la Transmisión Energética directa. En este caso los valores obtenidos son algo superiores ya que no se considera la fracción reemitida, como si lo hace el factor solar.

La radiación solar es portadora de calor fundamentalmente en el espectro infrarrojo pero también en el visible. Esto quiere decir que la luz es portadora de calor. Si queremos eliminar todo el calor que proviene de la radiación solar debería eliminarse toda la radiación infrarroja y también toda la luz. Siendo el objetivo no renunciar a la luz, la selectividad máxima se obtiene cuando se refleja todo el infrarrojo y se transmite toda la luz. El valor máximo que puede obtenerse en vidrios de control solar está cercano a 2,37 teniendo en cuenta que, por muy neutro que sea el vidrio, existe una pequeña cantidad de energía que siempre es absorbida y otra parte es reflejada.

Es decir el vidrio «selecciona» la radiación que deja pasar a través, transmitiendo mucho en el espectro visible y poco en el infrarrojo, mientras que en términos de reflexión su comportamiento sería el contrario, reflejando poco en el espectro visible y mucho en el infrarrojo. Ver fig. 2.7.



**Figura 2.7.** Comportamiento de un vidrio de alta selectividad.  
Fuente: sGG CLIMALIT – Saint-Gobain Glass.



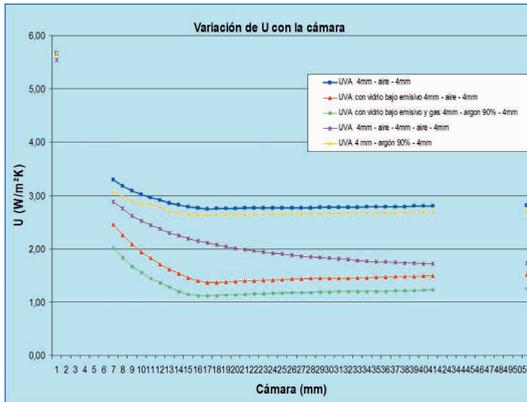
Para comparar la selectividad de dos acristalamientos no es suficiente con contrastar sus valores de forma absoluta. Dos acristalamientos pueden tener la misma selectividad y situarse en escalones muy diferentes de transmisión luminosa. Por tanto, es necesario fijar previamente uno de los parámetros que definen la selectividad: Transmisión Luminosa o factor solar. Así a igualdad de transmisión luminosa, mayor selectividad supondrá mayor protección solar y viceversa, fijando el factor solar igual, mayor selectividad será sinónimo de mayor aporte luminoso.

### **2.3. ACRISTALAMIENTOS DE BAJA EMISIVIDAD O DE AISLAMIENTO TÉRMICO REFORZADO (ATR)**

Los acristalamientos térmicos reforzados son acristalamientos diseñados para aumentar la capacidad como aislante térmico de los dobles acristalamientos. Como ha quedado expuesto, un doble acristalamiento compuesto por dos vidrios normales separados por una cámara de aire, en el mejor de los casos aporta un aislamiento de  $U_v=2,7 \text{ W/m}^2\text{K}$ . En la búsqueda de mejores prestaciones aislante la industria ha desarrollado nuevos vidrios que permiten reforzar esta capacidad aislante sin que ello suponga modificar la estética incolora y neutra habitual (ver Foto 2.6) en los acristalamientos de las viviendas.

Si con un doble acristalamiento se logra actuar contra la transmisión de calor por vía de la conducción al interponer aire o un gas de alta capacidad aislante y la transmisión por convección ha sido limitada al utilizar cámaras de 16mm o inferiores en las que no se produce este fenómeno, solo queda actuar sobre la transmisión por radiación.

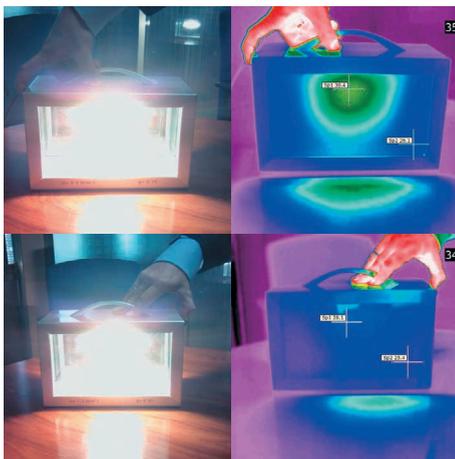
Los acristalamientos de Aislamiento Térmico Reforzado incorporan una capa ultra delgada, de unos pocos nanómetros de metales como la plata y otros compuestos que favorecen la reflexión del calor hacia el interior del habitáculo a la vez que interactúan en diferente grado con la radiación solar ofreciendo a la vez diferentes posibilidades de control solar. Con el uso de este tipo de acristalamientos pueden alcanzarse valores de  $U_v=1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$  superando así la capacidad aislante de los triples acristalamientos básicos formados por vidrios tradicionales. Ver Gráfico 2.3.



**Gráfico 2.3.** Evolución de la reducción de U vidrios de baja emisividad frente a dobles y triples acristalamientos con vidrios tradicionales.  
Fuente: SGG CLIMALIT– Saint-Gobain Glass.

Esta capa es imperceptible al ojo humano como ya se ha mostrado en la Foto 2.6, logrando que el «cristal de la ventana sea el de siempre» hasta tal extremo que es necesario confirmar su presencia con pequeños detectores diseñados al efecto.

Estos vidrios ofrecen capacidades aislantes que reducen a la mitad las pérdidas de un doble acristalamiento tradicional a la vez que pueden ayudarnos a un mejor control solar en verano. El efecto de esta capa de baja emisividad o aislamiento reforzado puede mostrarse gráficamente mediante una termografía como muestra la Foto 2.7.



**Foto 2.7.** Arriba doble acristalamiento tradicional. Abajo SGG CLIMALIT PLUS (Doble acristalamiento ATR).  
Fuente: SGG CLIMALIT– Saint-Gobain Glass.

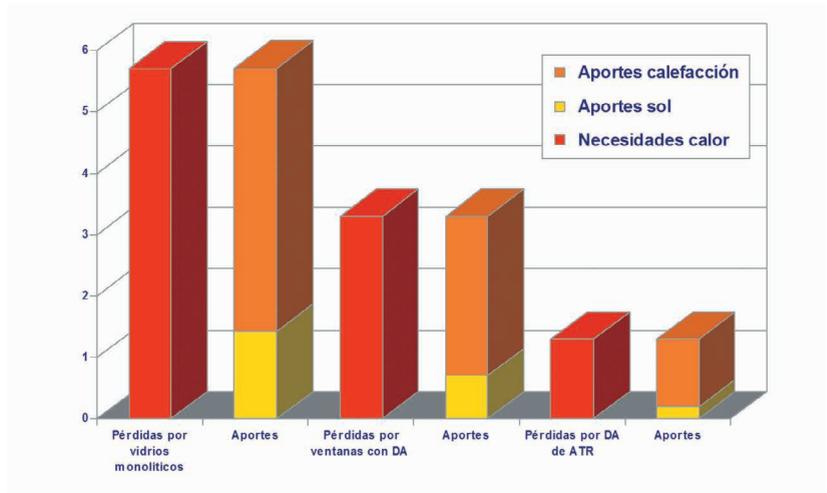




La pregunta que siempre se plantea es: Un acristalamiento ATR que ofrece un control solar óptimo para el verano ¿Elimina los aportes gratuitos que ofrece el sol en invierno?

Para dar respuesta a la misma es necesario tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Los aportes solares de invierno son relativos y están condicionados a la climatología existente en cada zona. En zonas de inviernos largos, lluviosos y fríos, los días de sol son pocos. Luego los aportes de calor por el sol son reducidos.
- Es necesario valorar cada hueco en función de su orientación y la cantidad de sol que recibe.
- De forma general puede decirse que la ganancia producida por unas menores pérdidas, frente a un doble acristalamiento tradicional, es superior a la reducción de los aportes solares de invierno y por el contrario se logra un mayor aumento del confort tanto en invierno como en verano. (Gráfico 2.4).



**Gráfico 2.4.** Disminución de aportes solares y ganancias por reducción de pérdidas con un vidrio ATR.

Fuente: sgg CLIMALIT - Saint-Gobain Glass.

- En algún caso, cuando el factor solar reduzca los aportes solares de invierno, puede entenderse como una inversión en diferido. Los menores aportes solares en invierno pueden suponer un mayor cos-



te en calefacción que será recuperado como menor coste en aire acondicionado en verano o bien un mayor confort.

- Existen diferentes posibilidades de acristalamiento en cuanto a factor solar. El mercado ofrece una gama de vidrios bajo emisivos con diferentes factores solares para dar respuesta a cada necesidad. Ver ejemplos en Tabla 2.2.

**Tabla 2.2.** Valores de factor solar «g» ofrecidos por diferentes acristalamientos ATR.

<b>DOBLE ACRISTALAMIENTO SGG CLIMALIT PLUS NEUTROS PARA EL RESIDENCIAL</b>			
<b>SGG CLIMALIT</b>	<b>U (W/m<sup>2</sup>K)</b>	<b>TL (%)</b>	<b>g</b>
SGG CLIMALIT 4/16/4	2,7	82	0,78
<b>ACRISTAMAMIENTO SGG CLIMALIT PLUS</b>	<b>U (W/m<sup>2</sup>K)</b>	<b>TL (%)</b>	<b>g</b>
SGG PLANITHERM XN	1,1	82	0,63
SGG PLANITHERM 4S	1,0	65	0,42
SGG PLANISTAR ONE	1,0	71	0,38

**Fuente:** SGG CLIMALIT– Saint-Gobain Glass.

La presencia de cualquier capa ATR, hasta la más neutra, supone una modificación, por pequeña que sea, sobre el factor solar del acristalamiento. Por ello existen diferentes productos que ofrecen elevadas capacidades de aislamiento con diferentes factores solares.

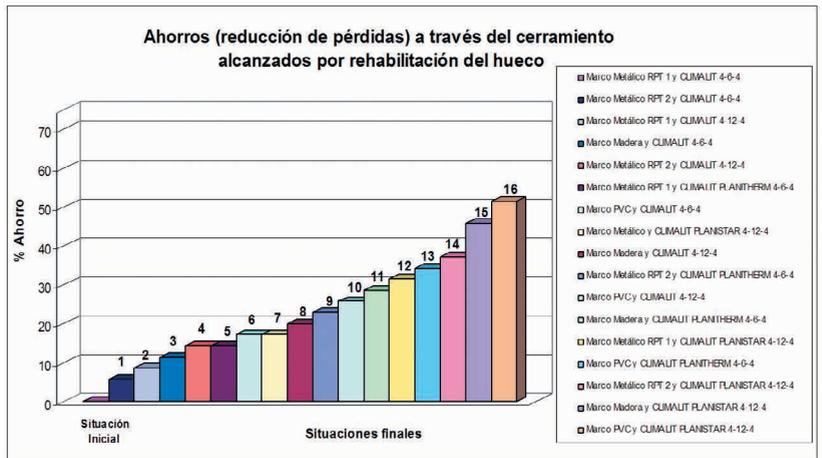
Hoy en día, debido a las exigencias del Código Técnico de la Edificación tanto para obra nueva como para rehabilitación, así como por las ventajas y ahorros ofrecidos, no debería considerarse en ningún caso la instalación de otro tipo de acristalamiento con menores capacidades aislantes.

Por otra parte, atendiendo al objeto de esta Guía de Ventanas Eficientes resulta recomendable hacer la reflexión sobre lo que puede suponer la sustitución de dobles acristalamientos tradicionales por acristalamientos ATR.

Teniendo en cuenta que la participación del acristalamiento en la superficie total de la ventana, su sustitución por un acristalamiento más eficiente tendrá una fuerte repercusión sobre el conjunto. La relación del acristalamiento en el conjunto de la ventana puede estimarse entre 75 y 90 % y que a lo largo de las últimas



tres décadas se han instalado millones de ventanas con doble acristalamiento tradicional sobre buenas carpinterías que permanecen en buen estado. Todas ellas son susceptibles de mejorar el acristalamiento sustituyéndolo por un acristalamiento ATR. El beneficio en este caso es claro ya que no es necesaria la sustitución de marcos, ni obras de albañilería, sino solamente reemplazar los acristalamientos. Una inversión que fácilmente puede suponer una quinta parte de lo que significa un cambio total de ventanas. (Gráfico 2.5).

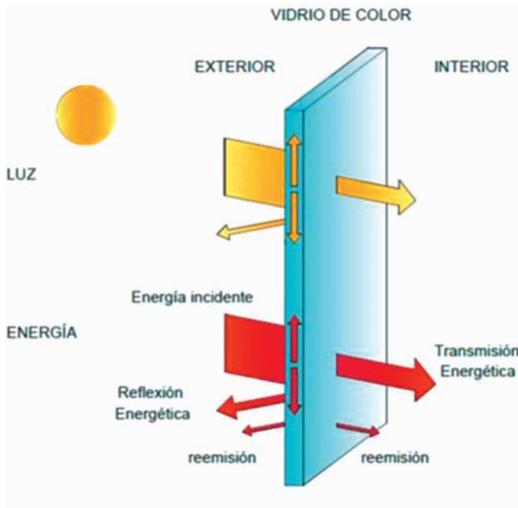


**Gráfico 2.5.** Comparativa de ahorros (disminución de U) a través de la ventana por cambio de doble acristalamiento a doble acristalamiento ATR. Fuente: SGG CLIMALIT– Saint-Gobain Glass.

## 2.4. ACRISTALAMIENTOS DE CONTROL SOLAR

Los acristalamientos de control solar han sufrido un fuerte desarrollo en los últimos años, sobre todo en aquellas aplicaciones que establecen otro tipo de restricciones como es el sector residencial o el sector comercial con los escaparates.

Los acristalamientos de control solar pretenden evitar que un calor excesivo penetre en la vivienda o el local considerado. Teniendo en cuenta la evolución tecnológica se ha avanzado desde los vidrios de color, que basaban su control solar en una gran absorción y reemisión hacia el exterior de una parte del calor absorbido, pasando por los vidrios reflectantes a los acristalamientos neutros y selectivos o de alta selectividad.

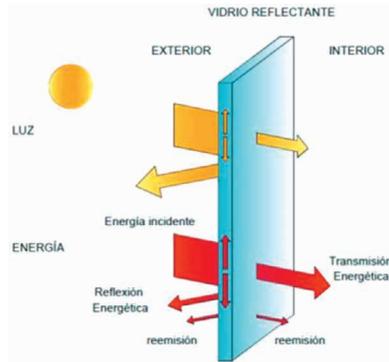


**Figura 2.8.** Control solar efectuado por un vidrio de color.  
Fuente: SGG CLIMALIT – Saint-Gobain Glass.



En el primer caso, como muestra la Fig. 2.8, el control solar se realiza por una mayor absorción energética del acristalamiento que se obtiene mediante el empleo de **vidrios de color**. En contra de la creencia muy extendida que rechaza este tipo de acristalamientos porque alcanza gran temperatura, esto quiere decir que el vidrio absorbe calor, eleva su temperatura y cede parte de ese calor al exterior y una parte al interior. Todo lo que se calienta el acristalamiento y se reemite al exterior es calor que no ha penetrado en el interior del habitáculo. Esto supone una fuerte reducción del factor solar.

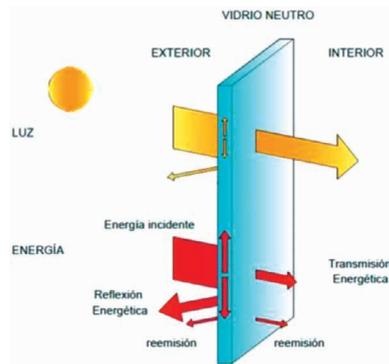
El siguiente paso en los vidrios de control solar está representado por los **vidrios reflectantes**. Su funcionamiento se basa en la presencia de una capa ultra fina que produce la reflexión de la energía tanto la correspondiente al espectro infrarrojo como la correspondiente al espectro visible. De ahí su aspecto espejado y reflectante. Con ellos se alcanzan factores solares muy reducidos que fundamentalmente encuentran su aplicación en el sector terciario y de grandes fachadas acristaladas que permiten, dada su gran superficie, una menor transmisión luminosa. Su funcionamiento se presenta gráficamente en la Fig. 2.9 donde puede observarse que la radiación que llega al acristalamiento es fuertemente reflejada tanto en aquello que consideramos luz como en la porción considerada calor.



**Figura 2.9.** Control solar efectuado por un vidrio reflectante.  
Fuente: sgg CLIMALIT – Saint-Gobain Glass.

Pero para ceñirse al objeto de esta Guía de Ventanas deben imponerse los requisitos del sector residencial; vidrios neutros, sin coloración, no reflectantes. Por tanto a continuación se abordan los diferentes acristalamientos que responden a estos condicionantes: **vidrios neutros y vidrios de alta selectividad.**

Un criterio para la definición de **vidrio neutro** de control solar es aquel que no posee una coloración específica y cuya reflexión luminosa puede considerarse suave o reducida (Fig. 2.10), próxima a la de un acristalamiento tradicional (en el entorno del 15% para un doble acristalamiento incoloro). El desarrollo de los vidrios de capa permite hoy ofrecer productos que con estética muy neutra ofrecen valores de control solar muy eficientes. Teniendo en cuenta que en el sector residencial en nuestro país normalmente debe considerarse la existencia de retranqueos en las ventanas, los productos de acristalamiento neutros con factores solares en el entorno del 40-50% son una buena solución de acristalamiento con control solar. En la Tabla 2.2 se muestran diferentes ejemplos de este tipo de acristalamientos.

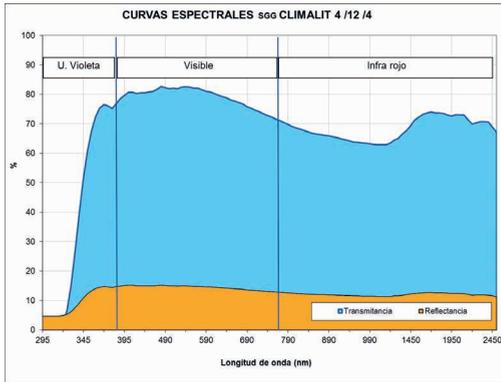


**Figura 2.10.** Control solar efectuado por un vidrio neutro.  
Fuente: sgg CLIMALIT – Saint-Gobain Glass.



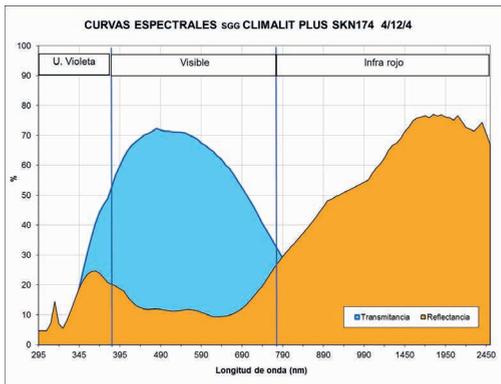
## 2.5. ACRISTALAMIENTOS SELECTIVOS

Como última generación de vidrios de control solar, se sitúan los acristalamientos de **alta selectividad**. Siempre que se habla de vidrios de alta selectividad hay que pensar en vidrios de control solar que permiten gran paso de luz natural. Por tanto esta expresión hace referencia a vidrios incoloros, de aspecto muy neutro, con baja reflexión luminosa y que aportan un control solar elevado.



**Gráfico 2.6.** Comportamiento de un acristalamiento incoloro sin protección solar y no selectivo.  
Fuente: sgg CLIMALIT– Saint-Gobain Glass.

En el Gráfico 2.6 puede observarse el comportamiento de un vidrio incoloro, neutro, tradicional, sgg CLIMALIT 4/12/4 básico, que permite un gran aporte por transmisión en el espectro visible, pero que a la vez permite el paso de gran cantidad de radiación infrarroja, por tanto, de calor proveniente del sol. Si se analiza la reflexión que produce, puede observarse que se mantiene en niveles bajos, en torno a un 10%, para todo el espectro visible e infrarrojo. Es decir no rechaza el calor solar.



**Gráfico 2.7.** Comportamiento de un acristalamiento altamente selectivo.  
Fuente: sgg CLIMALIT– Saint-Gobain Glass.



Una situación muy diferente se muestra en Gráfico 2.7, correspondiente a un acristalamiento altamente selectivo SGG CLIMALIT PLUS con COOL-LITE SKN 174. En este caso se produce una alta transmisión en el espectro visible, que le confiere una Transmisión Luminosa TL=69%, mientras que la transmisión infrarroja, por encima de los 780nm, se reduce fuertemente. Al analizar la reflexión (curva naranja) se observa como el comportamiento es justamente el contrario. Bajas reflexiones en el espectro visible y elevada reflexión de la radiación calorífica que se traduce en un factor solar  $g=0,42$ .

Los vidrios de alta selectividad buscan reducir los aportes solares con pequeñas reducciones de la transmisión luminosa. La Tabla 2.3 proporciona algunos valores de acristalamientos neutros y de alta selectividad.

**Tabla 2.3.** Factor solar «g» ofrecido por diferentes acristalamientos de alta selectividad.

DOBLE ACRISTALAMIENTO SGG CLIMALIT PLUS NEUTROS DE ALTA SELECTIVIDAD			
ACRISTALAMIENTO SGG CLIMALIT PLUS	U (W/m <sup>2</sup> K)	TL (%)	g
SGG COOL-LITE SKN 154	1,1	50	0,26
SGG COOL-LITE SKN 165	1,1	60	0,32
SGG COOL-LITE SKN 172	1,1	66	0,41
SGG COOL-LITE SKN 174	1,1	67	0,41
SGG COOL-LITE SKN 176	1,0	70	0,37
SGG COOL-LITE XTREME 60/28	1,0	60	0,28
SGG COOL-LITE XTREME 50/22	1,0	50	0,22

**Fuente:** SGG CLIMALIT– Saint-Gobain Glass.

Estos acristalamientos permiten disfrutar de un buen control solar, evitando el recalentamiento excesivo, sin tener que renunciar a la visión a través de la ventana y a los aportes de luz natural como ocurre con otros sistemas de sombreado como muestra la Foto 2.8.



**Foto 2.8.** Control solar obtenido mediante elementos de sombreado como persianas y toldos que reducen la visión a través del hueco y la entrada de luz natural.  
Fuente: Propiedad del autor.

## 2.6. CONCLUSIONES

El acristalamiento puede considerarse como el elemento fundamental para obtener una ventana energéticamente eficiente. Debido a la gran superficie que ocupa sus características de aislamiento térmico van a ser determinantes en las prestaciones finales de la ventana.

En un clima como los existentes en la Comunidad de Madrid, cualquier ventana energéticamente eficiente debe incorporar acristalamientos de Aislamiento Térmico Reforzado (ATR) con valores de  $U_v$  inferiores a  $2,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ , en función del salto térmico al que están expuestas, tal y como recomienda el apéndice E del Código Técnico de la Edificación en su documento de ahorro de energía DB HE1.

Hoy en día los acristalamientos de Aislamiento Térmico Reforzado existentes en el mercado aportan una amplia variedad de valores de factor solar que permiten adecuar el acristalamiento a los requisitos de cada ventana sin renunciar a un elevado poder aislante, es decir bajo valor U.

Los acristalamientos neutros de alta selectividad permiten mejorar el control solar sin renunciar a grandes los aportes de luz natural que se producen a través del vidrio.



### Guía de Ventanas Eficientes y Sistemas de regulación y control solar

La instalación de vidrios de aislamiento térmico reforzado con el control solar adecuado, no incrementa las labores de mantenimiento, ni el coste de las mismas, y tienen la misma vida útil que los dobles acristalamientos tradicionales. Su acción es permanente y no dependen de la actuación del usuario para ejercer su función de control solar y su coste suele ser inferior a la instalación de protecciones exteriores.

No puede haber una ventana energéticamente eficiente sin contar con un acristalamiento energéticamente eficiente.

# 3

## MARCOS DE PVC DE ALTA EFICIENCIA



### 3.1. INTRODUCCIÓN

La fabricación de perfiles de PVC hoy en día combina tecnologías de alta precisión y técnicas informáticas de última generación. La calidad y el control constante son mandamientos ineludibles.

La calidad tiene que responder y, en su sentido más amplio, ha de abarcar desde la selección de las materias primas y su mezcla específica, a la exactitud de los perfiles (marcos) y a los exhaustivos controles en laboratorio sobre su resistencia al impacto, a los fenómenos atmosféricos y a la intemperie.

El control de los productos terminados, ventanas y otros cerramientos ha de realizarse en laboratorios independientes, controlados por organismos oficiales.



Foto 3.1.

Uno de los elementos que es preciso estudiar con cuidado en cualquier proyecto, para conseguir un ambiente de bienestar y confort es, sin duda, el de las ventanas. Por ellas se ilumina y se ventila el interior, actúan como barrera frente a las agresiones externas y a los agentes atmosféricos, frío lluvia, ruido y contaminación. En este sentido, el uso



creciente de las ventanas de PVC, que ha hecho que sean las más instaladas en Europa, viene determinado por varias consideraciones:

En primer lugar, la composición química del material hace que estas ventanas no sean atacables por el envejecimiento y la corrosión. Además, son muy resistentes a los golpes y a la radiación solar, lo que asegura una larga duración en perfectas condiciones.

Un capítulo al que el usuario suele prestar especial atención, el del mantenimiento, está reducido al mínimo, ya que su limpieza y mantenimiento son muy sencillos y baratos.

Otro punto revelador para entender el crecimiento exponencial de las ventanas de PVC es su buen balance energético, gracias a la muy baja conductividad térmica del material y la mínima permeabilidad de las juntas. A ello se une el hecho de que este tipo de ventanas permite la colocación de vidrios de altas prestaciones. Esto incrementa aún más su capacidad de aislamiento térmico y, por consiguiente, el nivel de ahorro energético que proporcionan (disminuyendo las facturas de calefacción y aire acondicionado).

Tal y como recoge el Estudio del Dr. José M<sup>a</sup> Baldasano de la Universidad Politécnica de Catalunya «Estimación del consumo energético y de la emisión de CO<sub>2</sub> asociados a la producción, uso y disposición final de ventanas de PVC, aluminio y madera» (en adelante «Informe Baldasano») la ventana a la que se le atribuye el menor consumo de energía y de emisión de CO<sub>2</sub> es la de PVC con un 30% de material reciclado, seguida por la ventana de PVC sin material reciclado.

Cabe destacar, además, que las ventanas de PVC han roto las barreras que tenían en el pasado en cuanto al diseño (sobre todo en lo que al color se refiere). Actualmente se pueden fabricar ventanas de PVC en múltiples colores (acabados madera, lisos, metalizados...) y en cualquier forma y estilo que se desee.

## **3.2. MATERIA PRIMA**

### **3.2.1. EL PVC**

Obviamente la base sobre la que se fabrican estos perfiles para ventanas es el PVC (policloruro de vinilo). Pero hay que tener muy claro

que no todo el PVC tiene las mismas propiedades y/o características, ni tampoco puede ser que tenga la misma idoneidad, dependiendo del uso que se le vaya a dar. Esto quiere decir que para determinadas aplicaciones que nada tienen que ver con una ventana podrían existir materiales que resulten más idóneos. No se trata, por tanto, de hacer una defensa sin condiciones del PVC para cualquier aplicación, sino de hacer un desarrollo y presentación de la formulación de esta materia prima para un uso específico, como es la fabricación de ventanas.

### 3.2.2. Qué es el PVC

El PVC es una combinación química de carbono, hidrógeno y cloro. Sus componentes provienen del petróleo bruto (43%) y de la sal común (57%). Es el plástico con menos dependencia del petróleo. En este momento sólo el 4% del consumo total del petróleo se utiliza para fabricar materiales plásticos y, de ellos, únicamente una octava parte corresponde al PVC. Se obtiene por polimerización del cloruro de vinilo, cuya fabricación se realiza a partir de cloro y etileno.

Es ligero y químicamente inerte e inocuo. Es un material termoplástico, es decir, bajo la acción del calor (140 a 205 °C) se reblandece pudiendo moldearse fácilmente; cuando se enfría recupera la consistencia inicial conservando la nueva forma. La Fig. 3.1 muestra la fabricación de PVC a partir de las materias primas utilizadas.

Durante todo su ciclo de vida útil, el PVC ni se oxida ni se corroe. Lo que redundará en una reducción considerable del consumo de materias primas, costes de mantenimiento y costes de sustitución. Es importante destacar que más del 65% de las aplicaciones de PVC tienen una vida útil muy larga, pudiendo alcanzar los 100 años. En su fase de producción, el PVC demanda menos energía que la mayoría de los materiales alternativos, tal y como recoge el «Informe Baldasano». Además, los elementos de la construcción hechos con PVC, en general, son más baratos de instalar y generan unos gastos de mantenimiento muy inferiores a los de otros materiales alternativos.

Otra de las particularidades más destacables del PVC es su alta resistencia al fuego. Su composición molecular hace de él un material intrínsecamente ignífugo, resistente a la ignición, no propaga la llama, no gotea, se quema a temperaturas más elevadas que muchos ma-





teriales alternativos y, en la mayoría de los casos, dejará de quemarse en cuanto se le retira la fuente de calor.

Por supuesto, la industria fabricante de la granza de PVC, que no es ajena a las preocupaciones por el medio ambiente, ha visto premiados sus esfuerzos en favor de la sostenibilidad ambiental, con la obtención de distintas certificaciones relacionadas, como el sello Gestión Ambiental ISO14001 de AENOR y el 50001 de Gestión Energética de TÜV Rheinland.

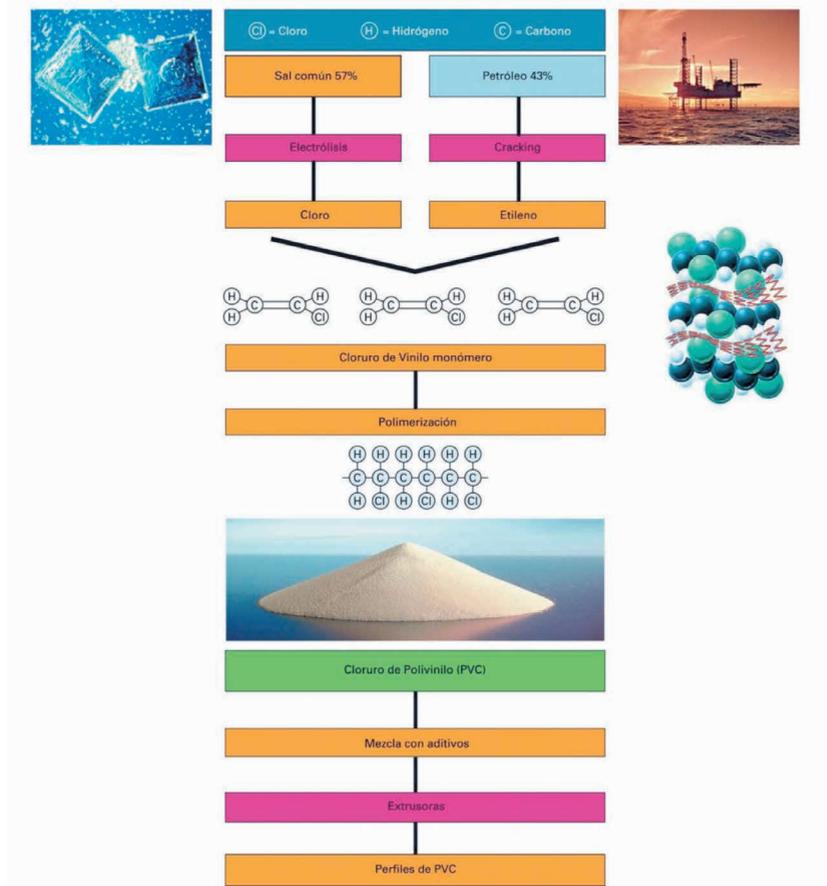
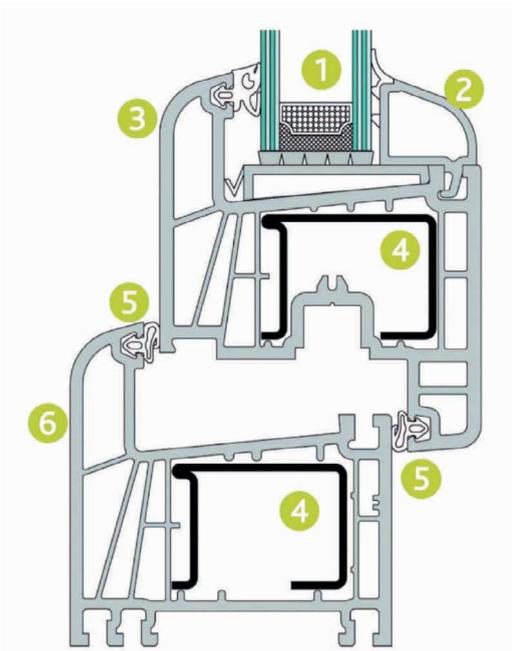


Figura 3.1. Proceso productivo de los perfiles de PVC.

### 3.3. PERFILES DE PVC PARA MATERIA PRIMA

#### 3.3.1. ¿Qué hay en el interior de los perfiles de PVC?

Los principales elementos que componen un perfil de PVC para ventanas son los siguientes:



#### **EL VIDRIO [1]**

Los perfiles de PVC permiten alojar vidrios de diferentes espesores.

#### **LOS JUNQUILLOS [2]**

Pueden tener formas redondeadas o rectas.

#### **LAS HOJAS [3]**

De su diseño, profundidad y número de cámaras dependerá su capacidad de aislamiento y capacidad de alojamiento del vidrio.

#### **LOS REFUERZOS [4]**

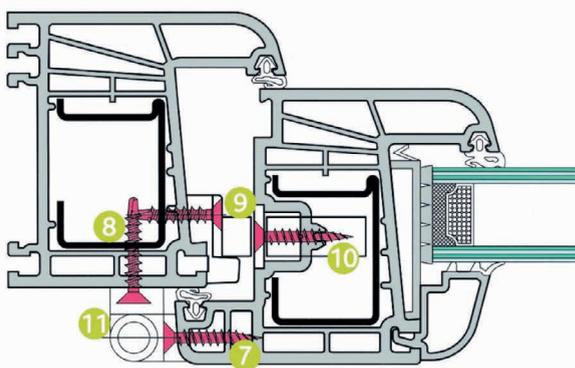
Suelen ser de acero galvanizado de alta inercia, aunque también los hay de otros materiales en función de las necesidades de aislamiento.

#### **LAS JUNTAS [5]**

Proporcionan estanqueidad a la ventana. Están fabricadas de materiales especiales (caucho sintético – EPDM) para aguantar grandes esfuerzos.

#### **LOS MARCOS [6]**

Al igual que las hojas, constan de varias cámaras de aislamiento y distintas profundidades.



#### **ATORNILLADO DE LA BISAGRA A LA HOJA [7]**

Para una mejor sujeción, el tornillo debe atravesar más de una pared de PVC.

#### **ATORNILLADO DE LA BISAGRA AL MARCO [8]**

En el ejemplo, el tornillo que sujeta la bisagra al marco atraviesa dos paredes de PVC y el propio refuerzo de acero del marco, garantizando así una perfecta estabilidad.

#### **CERRADEROS [9]**

Los elementos de cierre entre hoja y marco también quedan firmemente unidos gracias al atornillado directo al refuerzo del marco.

#### **CREMONAS [10]**

Las cremonas y otros elementos de los herrajes se encajan en la canal de herraje y se atornillan al perfil de hoja.

#### **BISAGRAS [11]**

Elementos que permiten realizar las aperturas de la hoja.

### **3.3.2. Clasificación de los perfiles**

Los perfiles de PVC utilizados en la fabricación de ventanas deben ser conformes a los requisitos especificados en la norma UNE-EN 12608. Esta norma europea especifica clasificaciones, requisitos y métodos de ensayo para perfiles de policloruro de vinilo no plastificado (PVC – U) para fabricación de ventanas y puertas. En la norma se clasifican varios aspectos de aptitud al uso:



## A. Clasificación por zonas climáticas

Los perfiles de PVC son clasificados según la norma como M o S en función de su capacidad para resistir en determinadas zonas climáticas. En la Tabla 3.1 aparecen dos clasificaciones diferentes para Europa en función de su climatología: Zona M (clima moderado) y S (clima severo).

Los perfiles de PVC que se instalan en España deberán ser clasificados para clima severo (S), es decir, aquellas zonas climáticas en las que la media de la temperatura máxima diaria del mes más caluroso del año son mayores o iguales 22 °C.

**Tabla 3.1.** Clasificación de zonas climáticas en Europa.

	CLIMA MODERADO M	CLIMA SEVERO S
Energía solar total anual <sup>(1)</sup> sobre superficie horizontal	< 5 GJ/m <sup>2</sup>	≥ 5 GJ/m <sup>2</sup>
Media de la temperatura máxima diaria <sup>(1)</sup> del mes más caluroso del año	y < 22 °C	y ≥ 22 °C
<sup>(1)</sup> Valores medidos conforme a las especificaciones de la Organización Meteorológica Mundial (OMM)		

## B. Clasificación de resistencia al impacto por caída

Los perfiles de PVC para ventanas pueden ser clasificados según la norma como Clase I o Clase II. En la Tabla 3.2 se indican las clases para la resistencia al impacto por caída de masa a -10 °C, siendo los de Clase II los que tienen una mayor resistencia al impacto.

**Tabla 3.2.** Clasificación de perfiles principales al impacto por caída de masa a -10 °C.

	CLASE I	CLASE II
Masa que cae (g)	1.000	1.000
Altura de caída (mm)	1.000	1.500



### **C. Clasificación del espesor de la pared de los perfiles principales:**

Los perfiles de PVC para ventanas se clasifican también en función de los espesores de sus paredes. En la Tabla 3.3 se indican tres clases de espesor de pared para la pared exterior de los perfiles principales.

**Tabla 3.3.** Clasificación del espesor de pared.

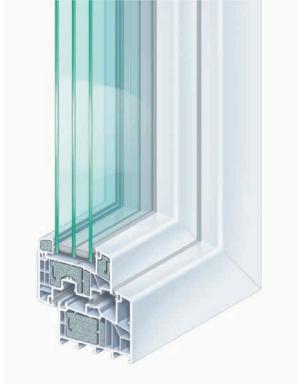
	CLASE A	CLASE B	CLASE C
superficie vista	≥ 2,8	≥ 2,5	sin requisitos
superficie no vista	≥ 2,5	≥ 2,0	sin requisitos

Es importante añadir que la clasificación de perfiles por espesor de pared tiene como objeto representar las variaciones importantes de diseño de perfil y ventana para las distintas aplicaciones que están en uso en Europa. No pretende insinuar diferencias en la calidad del perfil o en la aptitud al uso de las ventanas, siempre que se cumplan los requisitos de aptitud al uso correspondientes, tanto para perfiles como para ventanas. No es por lo tanto una clasificación que pueda afectar a las prestaciones de las ventanas más importantes como resistencia al impacto, capacidad de deformación, estanqueidad, etc.

### **3.4. TIPOLOGÍA DE MARCOS DE PVC DE ALTA EFICIENCIA**

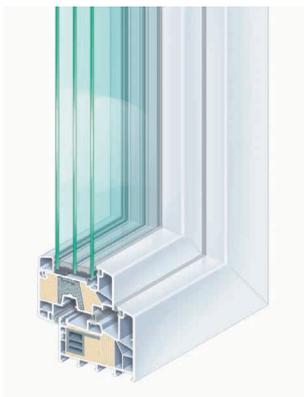
El sector de la industria de perfiles de PVC se ha caracterizado por su interés constante en la mejora de la capacidad de aislamiento de las ventanas. El PVC es el material que mejores valores de aislamiento proporciona, pero esta propiedad del material unida al diseño de los perfiles, la incorporación de mayor número de cámaras y el aumento de la profundidad de los mismos, contribuyen de forma decisiva a su gran capacidad de aislamiento térmico, habiendo evolucionado en unos años desde valores U de transmitancia térmica en los marcos de PVC entre 2,2 y 1,8 W/m<sup>2</sup>K (nada desdeñables en comparación con los valores de aislamiento térmico de perfiles metálicos) a valores de transmitancia térmica que hoy pueden alcanzar sin muchos apuros valores U por debajo de 1,0 W/m<sup>2</sup>K.

Como hemos visto en el epígrafe 3.1.1., el perfil de PVC incorpora en su interior un refuerzo de acero galvanizado que es el que le aporta la rigidez e inercia necesarias para el correcto funcionamiento de la ventana. Otra forma de incrementar la capacidad de aislamiento de los perfiles de PVC es sustituyendo ese refuerzo por otras alternativas basadas en espumas o fibras de vidrio, como los de las Fig. 3.2 y 3.3.



**Figura 3.2.** Sistema 88plus Passivhaus (KÖMMERLING).

Se trata de sistemas de 88 mm de profundidad con hasta 6 cámaras estancas y triple junta que alcanzan valores de transmitancia térmica del marco de hasta  $U_f = 0,79 \text{ W/m}^2\text{K}$ , lo que permite fabricar ventanas con determinados vidrios que pueden alcanzar valores de ventana incluso por debajo de  $U_w = 0,70 \text{ W/m}^2\text{K}$ . La profundidad de 88 mm permite alojar vidrios de grandes espesores, lo que facilita la incorporación de triples acristalamientos. Este tipo de soluciones son las que se utilizan en proyectos Passivhaus o edificios de alta eficiencia energética, los cuales exigen para las ventanas los mayores valores de aislamiento térmico posibles.



**Figura 3.3.** Sistema 88plus proEnergyTec (KÖMMERLING).





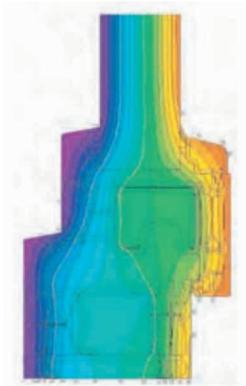
En el ejemplo de la Fig. 3.3, el diseño del perfil es el mismo que el de la Fig. 3.2 pero se incorpora fibras para mejorar su inercia, aunque esto pueda suponer reducción de su aislamiento térmico en algunas décimas, pasando de valor  $U_f = 0,79 \text{ W/m}^2\text{K}$  en el primero a  $U_f = 0,92 \text{ W/m}^2\text{K}$  en el segundo.

Ahora bien, esta carrera de las marcas de perfiles de PVC por incrementar los aislamientos, tiene que ser equilibrada con el resto de prestaciones y, en ningún caso, que reducir la inercia de los refuerzos metálicos o incluso eliminarlos para disminuir el valor  $U$  pueda poner en riesgo otras prestaciones como su permeabilidad al aire, estanqueidad al agua o resistencia al viento. Cuando se prescinde de los refuerzos, las dimensiones de fabricación de esa ventana están limitadas para poder garantizar su correcto funcionamiento. Si el prescriptor no tiene en cuenta estas limitaciones porque no dispone de esta información, se puede encontrar con una ventana que cumple con los requisitos de aislamiento del proyecto, pero ha reducido otras prestaciones que afectan directamente a la eficiencia energética del proyecto, como es la permeabilidad al aire.



**Figura 3.4.** Sistema KÖMMERLING 76 (el sistema de 76 mm de KÖMMERLING).

El ejemplo de la Fig. 3.4 representa un sistema de perfiles de PVC con refuerzo de acero normal con el que se alcanzan valores en el perfil de  $U_f$  de  $1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Con este perfil y vidrios adecuados, se pueden conseguir valores de  $U_w$  global de la ventana por debajo de  $0,80 \text{ W/m}^2\text{K}$ , al tiempo que permite alojar vidrios de gran peso sin limitar excesivamente las dimensiones, sus prestaciones físicas, tales como la resistencia al viento, permeabilidad al aire y estanqueidad al agua, se mantienen en los niveles más altos de clasificación.

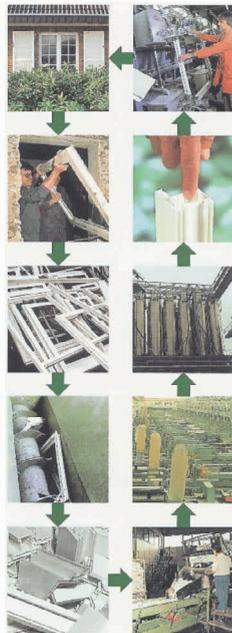


**Figura 3.5.** Termografía de un perfil de pvc.

La Fig. 3.5 representa la termografía de un perfil de PVC con refuerzo metálico en el que se comprueba su capacidad de aislamiento. Con esta técnica se puede saber si se produce algún puente térmico entre el exterior y el interior que pueda afectar a su capacidad de aislamiento térmico. En el ejemplo, que se trata de un perfil con un Valor Uf de  $1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ , se muestra que no existe este puente térmico entre el exterior e interior, lo que se traducirá en un buen aislamiento térmico.



### 3.5. SOSTENIBILIDAD Y BALANCE MEDIOAMBIENTAL





El desarrollo de la más alta tecnología ha permitido crear nuevas generaciones de perfiles de PVC que incorporan estabilizadores ecológicos como son el calcio y el zinc, los cuales no perjudican el Medio Ambiente. El resultado es un material altamente estable, de gran calidad y completamente reciclable que presenta excelentes propiedades en cuanto aislamiento y resistencia.

### **3.5.1. Proceso de reciclaje**

Los perfiles de PVC son reciclables y al terminar su vida útil se reincorporan al proceso productivo.

Además, actualmente muchos fabricantes de perfiles de PVC incorporan un porcentaje de material reciclado en su formulación, con una clara tendencia al incremento de dicho porcentaje en la medida que exista material reciclado disponible. Este perfil con incorporación de reciclado en su fabricación, si va acompañado de un riguroso control de calidad, no tiene porque ver mermadas sus características frente al que utiliza materia virgen 100 % , por lo que se convierte en un muy buen aliado en proyectos donde se busca la reducción del impacto medioambiental.

### **3.5.2. Emisiones de CO<sub>2</sub> y consumos energéticos durante el ciclo de vida**

Tal como vemos en siguiente tabla, la ventana de PVC con un 30% de material reciclado, seguida por la ventana de PVC sin material reciclado, es a la que se le atribuye el menor consumo de energía y de emisión de CO<sub>2</sub> frente a otros materiales muy habituales en fabricación de ventanas.

Tabla 3.4.

VENTANAS	CONSUMO ELECTRICO KWh	EMISIONES DE CO <sub>2</sub> (kg)	MATERIAL RECICLADO (kg)					
			VIDRIO	PVC	ACERO	ALUMINIO	TOTAL MATERIAL RECICLADO	% DEL MATERIAL TOTAL
PVC 30% reciclado doble acristalamiento	1.740	730	21,4	21,1	6,7		49,2	93,4
PVC 0% reciclado doble acristalamiento	1.780	742	21,4	21,1	6,7		49,2	93,4
Madera doble acristalamiento	2.045	886	21,4				21,4	61,5
Madera simple acristalamiento	2.633	1.155	10,7				21,4	61,5
Aluminio 30% reciclado con rotura doble acristalamiento	3.244	1.418	21,4			40,8	62,2	94,1
Aluminio 0% reciclado con rotura doble acristalamiento	3.819	1.672	21,4			40,8	62,2	94,1
Aluminio 30% reciclado sin rotura doble acristalamiento	3.838	1.681	21,4			40,8	62,2	94,1
Aluminio 0% reciclado sin rotura doble acristalamiento	4.413	1.935	21,4			40,8	62,2	94,1

Resumen de los consumos de energía y emisiones de CO<sub>2</sub> y material reciclado atribuible a la producción, uso (50 años), reciclaje y disposición final de residuos de ventanas fabricadas con diferentes materiales según estudio realizado por la Universidad Politécnica de Cataluña de Estimación del Consumo Energético y La Emisión de CO<sub>2</sub> asociados a la ventana.

### 3.6. BALANCE ECONÓMICO DEL PRODUCTO

Las ventanas de PVC de calidad, además de ser sostenibles a nivel medioambiental, también lo son económicamente. Poseen la mejor relación prestaciones-precio, situándose como la opción de ventana más competitiva. En otros materiales alternativos como son los perfiles metálicos, sin llegar nunca a alcanzar las mismas prestaciones, se precisan de las mejores gamas de rotura de puente térmico (RPT), y estas carpinterías se sitúan en una banda de precios que oscilan entre un 15 y un 40% por encima de series más habituales y comercializadas.

En una comparativa de precios entre soluciones metálicas con RPT y soluciones fabricadas con sistemas en PVC, se comprueba que, ofreciendo las mejores prestaciones, a igualdad de composiciones de vidrio, el precio de una buena ventana de PVC es sensiblemente menor, presentando la mejor relación entre precio y prestaciones.

Tabla 3.5.

	RPT (GAMA ALTA)	RPT (GAMA MEDIA)	PVC
Balconera 2000mm x 2000mm	741,78 €	618,25 €	449,9 €
Ventana 1250mm x 1500 mm	551,1 €	459,25 €	400,52 €

Precio aproximado cerramiento 2 hojas oscilobatiente color blanco.

**Fuente:** Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Guadalajara (COATG). [www.coaatgu.com](http://www.coaatgu.com) (base de datos online).

En **conclusión**, hoy por hoy la ventana de PVC se presenta como una solución óptima para proyectos en los que se busquen prestaciones excelentes a todos los niveles, con un alto nivel de ahorro energético y económico, respetando el medio ambiente y a un precio competitivo.

## BIBLIOGRAFÍA

AENOR (2003). Norma Española UNE-EN 12608.

ASEFAVE (2005). Manual de producto Ventanas. Ediciones AENOR.

Baldasano, José María; Parra, René; Jiménez, Pedro (2005). Estimación del Consumo Energético y la Emisión de CO2 asociados a la producción, uso y disposición final de ventanas de PVC, aluminio y madera.

KÖMMERLING (2005). Manual de la ventana.

KÖMMERLING (2011). Programa de Desarrollo Sostenible.



# 4

## MARCOS DE MADERA DE ALTA EFICIENCIA



### 4.1. LA MADERA, NOCIONES BÁSICAS

La madera es un material empleado en construcción desde siempre, los sistemas de construcción con madera han ido evolucionando a lo largo de la historia pasando de sistemas sencillos a complejos, esta evolución permite a la madera competir con cualquier otro material de construcción cumpliendo los requisitos más exigentes.

La madera es la única materia prima renovable que se utiliza a gran escala, además el aprovechamiento de la madera de una forma correcta no daña al medio ambiente sino que lo mejora. La madera es un material en general neutro en su ciclo de carbono y dependiendo de su aplicación los productos de madera pueden llegar a tener huella de carbono negativa. Una gestión forestal sostenible ayuda a la fijación de carbono, por cada m<sup>3</sup> de madera se puede llegar a fijar 1 Tn de CO<sub>2</sub>.

Además el aprovechamiento mediante una gestión sostenible de la madera ayuda a la regulación del ciclo hidrológico, protege frente a la erosión y colabora con el mantenimiento de la vida silvestre y la biodiversidad.

La madera es un material con diferentes características y propiedades dependiendo de la especie, la orientación de las fibras, y la presencia de defectos o puntos particulares como nudos o bolsas de resina. Para mejorar y obtener productos con unas prestaciones lo más uniformes posibles, en la fabricación de ventanas se tiende cada vez más a trabajar con perfiles laminados encolados.

Los perfiles laminados encolados presentan mejoras en la estabilidad, la resistencia y la ausencia de defectos en las caras vistas. Hay que tener en cuenta que al ser las ventanas un producto de exterior el



encolado debe ser suficientemente resistente a la humedad, las colas tienen que cumplir con los requisitos de la clase D4 según la norma UNE-EN-204.

#### 4.1.1. Características generales de la madera

Las principales propiedades de la madera como material de construcción y que lo hacen apto para la fabricación de ventanas son la buena resistencia, la baja conductividad térmica, su comportamiento predecible frente al fuego y sus ventajas como elemento decorativo y de confort.

#### A. Aislamiento térmico

La madera es el material de construcción utilizado para la fabricación de marcos con **menor coeficiente de conductividad térmica**. Este coeficiente de conductividad depende directamente de la porosidad de la madera, la orientación de las fibras y el contenido de humedad. En la Tabla 4.1, podemos ver los diferentes valores de conductividad de la madera y una comparativa con otros materiales de construcción.

**Tabla 4.1.** Conductividad térmica de los materiales ( $\lambda$ ).

MADERA, DENSIDADES AL 12% HUMEDAD		OTROS MATERIALES	
300 kg/m <sup>3</sup>	0,09	Aluminio	230
500 kg/m <sup>3</sup>	0,13	Hierro	72
700 kg/m <sup>3</sup>	0,17	PVC	0,20
1000 kg/m <sup>3</sup>	0,24	Hormigón	2,5

Las maderas usadas normalmente en la fabricación de ventanas tienen una densidad comprendida entre 450kg/m<sup>3</sup> (abeto) y 750kg/m<sup>3</sup> (roble). Como se deduce de la Tabla 4.1 se deben utilizar maderas ligeras para maximizar el aislamiento térmico, estas suelen ser las de coníferas como el pino.

El buen aislamiento térmico es la principal característica que se les pide a las ventanas de cara a la eficiencia energética, como puede verse la madera es altamente aislante por lo que no genera puentes térmicos, el tener perfiles con «rotura de puente térmico» no es un valor añadido sino la solución de una carencia de la materia prima.

## **B. Aislamiento acústico**

La madera no es un material de alto peso y densidad, por lo que en un principio podría parecer que el comportamiento frente al ruido aéreo no va a ser bueno, pero el diseño de los marcos permite conseguir los mayores niveles de aislamiento.

El marco de madera tiene la ventaja de ser totalmente sólido, por lo que la ausencia de cámaras ayuda a que no se produzcan resonancias en frecuencias audibles que puedan reducir el aislamiento global de la ventana. Además mediante los mecanizados adecuados se puede optimizar la prestación acústica colocando juntas de goma que separen acústicamente las hojas de los marcos de las ventanas, y sistemas que eviten la transmisión de vibraciones entre el marco de madera y el vidrio.

Además las ventanas de madera se pueden fabricar en diferentes grosores para adaptarse a cualquier tipo de vidrio, que es el principal elemento del aislamiento acústico del hueco. Hay que tener en cuenta que el 60-70% de la superficie de la ventana es vidrio

En **ventanas de madera** se pueden encontrar soluciones con **aislamiento acústico por encima de los 50 dB**, con lo que se consigue la máxima clasificación de aislamiento acústico en Europa SK6, por encima de los requisitos del Código Técnico de la Edificación (CTE).

## **C. Resistencia al fuego**

Aunque la madera es un material que tradicionalmente produce desconfianza por su combustibilidad a temperaturas relativamente bajas, en realidad tiene un comportamiento frente al fuego mejor de lo que cabría esperar.

La baja conductividad térmica de la madera hace que el fuego avance con relativa lentitud, además la carbonización superficial contribuye a detener el fuego sin pérdida de las características estructurales. No se produce una dilatación térmica ni fundido del material por lo que mantiene durante el tiempo la forma original y los gases que emite la combustión no son especialmente tóxicos.

Estas características hacen de la madera un material altamente predecible en presencia de un incendio, por lo que con el trata-





miento y diseño adecuado se pueden llegar a fabricar ventanas con clase de resistencia al fuego hasta 60 minutos (EI2-60) y con un comportamiento bueno ante la propagación. Solamente se pueden fabricar ventanas con resistencia al fuego con perfiles de madera o acero.

#### ***D. Durabilidad natural***

Con una elección adecuada en el diseño y la puesta en obra se pueden obtener soluciones constructivas en madera muy durables. Se pueden encontrar obras con siglos de antigüedad en buen estado de conservación y manteniendo unas prestaciones técnicas elevadas.

En ventanas, con una buena elección de la especie, un buen mecanizado de los perfiles, una colocación correcta y un mínimo mantenimiento la esperanza de vida está por encima de los 60 años, llegando a superar los 100 años en casos concretos.

Otra gran ventaja de utilizar madera en los marcos y hojas de las ventanas es la posibilidad que tiene el material de ser reparado al sufrir daños manteniendo las prestaciones, también es posible modificar el acabado adaptándolo a una nueva decoración.

#### ***E. Salubridad y confort***

La madera contribuye como material de construcción a mejorar las condiciones de vida de los usuarios.

Mejora las condiciones de clima interior por la regulación natural de la humedad relativa, mantiene las condensaciones en niveles mínimos, contribuye a la reducción de las reverberaciones acústicas mejorando la relajación y una mayor calidad del sueño. La madera no influye en los campos electromagnéticos, protege contra la electricidad estática y crea atmósferas más cálidas y naturales.

Además la madera ayuda a cubrir irregularidades en los acabados de obra, ayuda a simplificar la instalación de luces y sistemas de ventilación, envejece muy bien y tiene la capacidad de ser modificada de una forma sencilla y barata.

### 4.1.2. Otras aplicaciones de la madera en construcción

La madera está volviendo a ser utilizada cada vez más en construcción, tradicionalmente se ha utilizado en aplicaciones decorativas y de interior como mobiliario, forrado de paredes y techos, suelos y puertas.

Actualmente está aumentando su uso en vigas y cubiertas así como en aplicaciones de exteriores como mobiliario urbano y suelos de parques y piscinas.

Con el debido tratamiento y diseño se puede usar para realizar la piel del edificio, forrados exteriores, ventanas e incluso fachadas ventiladas.

En la rehabilitación de edificios la madera es el principal protagonista por sus ventajas, además de las estéticas, la madera tiene una mayor facilidad de uso por ser a la vez ligera y resistente. Es el material con uno de las mejores relaciones de coste-eficacia.

Otro campo donde la madera se impone es en la construcción modular, la madera es fácil de trabajar y sencilla de adaptar. La construcción con madera reduce enormemente los tiempos de edificación y con una planificación adecuada todas las instalaciones domésticas pueden ser integradas en sistemas de pre-construcción.

## 4.2. LA MADERA EN LOS MARCOS DE VENTANAS

La madera es el material tradicional de los marcos de ventana, y si se cuida el diseño y la fabricación se pueden alcanzar las máximas prestaciones.

### 4.2.1. Características a controlar en los marcos de ventana

Para conseguir un producto de alta calidad en la elaboración de marcos de madera se deben tener en cuenta los siguientes aspectos. Las especies de madera utilizadas deben combinar resistencia, ligereza y durabilidad.

**A. Densidad de la madera:** La madera debe tener una densidad adecuada, interesan densidades intermedias que funcionen





correctamente tanto en el aspecto térmico como en el acústico y estructural. En general la densidad debe estar siempre por encima de los  $450 \text{ Kg/m}^3$  para garantizar un mínimo de resistencia y por debajo de los  $800 \text{ kg/m}^3$  para que se pueda trabajar correctamente al mecanizar los perfiles. Medida según la norma UNE 56531.

**B. Dureza:** La dureza media en la sección tangencial debe ser superior a 1,30 para garantizar un mínimo de resistencia y durabilidad a la intemperie. Medida según la norma UNE 56534

**C. Aspecto y calidad de la madera:** Se ha de comprobar que la madera no presenta rastros de ataque por hongos o insectos, coloraciones anormales, grandes defectos que puedan comprometer las características físico-mecánicas y cualquier irregularidad que pueda hacer sospechar una merma de estas. Se deben seguir las regulaciones que marca la norma UNE EN 942.

**D. Contenido de humedad:** El contenido de humedad en la madera debe ser el adecuado para evitar problemas de estabilidad, torsiones o alabeos. Además de para evitar problemas de hongos y pudriciones. El contenido de humedad debe estar entre el 10 y el 16% al mecanizar, medida según la norma UNE-EN 13183-2

Para tener una mayor uniformidad y un mejor control de estas características se recomienda usar **perfiles de madera laminada encolada**. El uso de estos perfiles garantiza una calidad más uniforme que en la madera maciza, la ausencia de defectos y rastros de ataques que se eliminan al elaborar los perfiles, un contenido de humedad ya controlado y una estabilidad mayor. Además se maximiza el aprovechamiento de la materia prima.

Al realizar los perfiles laminados se deben tener en cuenta los siguientes parámetros:

**A. Calidad del encolado:** El encolado debe ser apto para exteriores, clase D4 según la norma UNE-EN 204

**B. Disposición de las lamas:** Las diferentes lamas del perfil laminado se deben disponer de forma que la orientación de los anillos de crecimiento sea adecuada, especialmente en las lamas exteriores siguiendo las recomendaciones de la norma UNE-EN 335-1

**C. Disposición de los planos de encolado:** Los planos de encolado no deben quedar expuestos al exterior, para maximizar la vida útil de la ventana.



Foto 4.1. Perfiles laminados de madera.



#### 4.2.2. Transmitancia térmica de los marcos de ventana

La transmitancia térmica ( $U$ ) es la cantidad de calor que se intercambia con el exterior, en los marcos de madera el valor siempre es reducido, ya que la conductividad del material es muy baja. Las características que influyen principalmente en el valor de la transmitancia son la densidad de la madera y el espesor del marco, como puede verse en el gráfico 4.1.

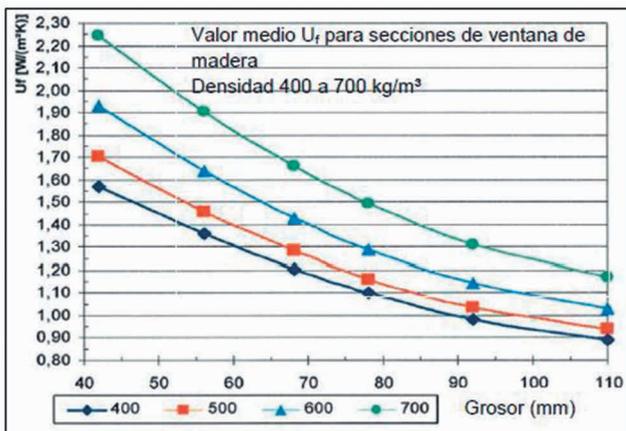


Gráfico 4.1. Transmitancia térmica de marcos de madera.



Las secciones de los perfiles de madera utilizados mayoritariamente en la fabricación de ventanas están comprendidas entre 55 y 110mm de espesor. Por lo que los valores de transmitancia que se pueden encontrar son  $U_i = 0,9-1,9 \text{ W/m}^2\text{°C}$

Con este rango de valores de transmitancia térmica en todo momento se cumplen los requisitos del Código Técnico de la Edificación para cualquiera de sus zonas climáticas, siendo posible también realizar ventanas para casas pasivas y edificios con consumo de energía casi nulo.

#### 4.2.3. El perfil mixto madera - aluminio

El inconveniente más importante que tienen las ventanas de madera está en el mantenimiento del acabado, barnizado o pintado. Una solución que se utiliza para reducir este inconveniente es forrar la ventana por el exterior con perfiles metálicos de aluminio.

Estos perfiles de aluminio no deben quedar unidos a la ventana de madera y se tienen que colocar de forma que no reduzcan las naturales prestaciones de aislamiento del material. Para evitar deformaciones y condensaciones de humedad, los perfiles de aluminio se colocan sobre clips de PVC que los independizan totalmente de la madera. Además de este modo se posibilita la sustitución de estos perfiles al final de su vida útil o en caso de recibir algún tipo de daño exterior, como puede apreciarse en la Foto 4.2.



Foto 4.2. Ventana de madera-aluminio.

### 4.3. SISTEMAS DE VENTANAS MÁS HABITUALES DE ALTA EFICIENCIA

En este apartado se presentan los sistemas más habitualmente comercializados de ventanas de madera para conseguir una alta eficiencia energética. Aunque existen otros sistemas más sencillos y otros intermedios, nos centraremos en los que habitualmente se utilizan en las edificaciones con clasificación energética A y en las edificaciones de consumo energético casi nulo, o viviendas pasivas (PassivHaus).

#### 4.3.1. Sistemas en madera

Los sistemas de ventanas de madera utilizados en España de forma estandarizada siguen la nomenclatura y diseño marcado por la norma alemana DIN 68121, estos estándares son los que se usan prácticamente en toda Europa, excepto Francia y Reino Unido que usan sistemas de ventana de madera particulares adaptados a las características propias de sus sistemas tradicionales de construcción.

Los sistemas incluidos en la norma son los siguientes IV 56, 63, 68, 78, 88, 92 y 110 mm. donde se indica siempre el grosor de los perfiles de madera. Estos sistemas se construyen de forma análoga unos a otros, manteniéndose las dimensiones de drenajes y cotas mínimas y diferenciándose solamente en el espesor total.

Las prestaciones de estanquidad al aire y al agua de las ventanas son las mismas para todos los espesores, según va aumentando el espesor se mejoran las características de resistencia al viento (estructural), el aislamiento térmico y el aislamiento acústico. Además según se va aumentando el grosor de la madera se pueden equipar también mayores espesores y pesos de vidrios con lo que la mejora en prestaciones no es lineal. En las ventanas de mayor grosor se colocan juntas de estanquidad adicionales para mejorar el comportamiento acústico y el confort general. En la Tabla 4.2 podemos ver los valores de transmitancia térmica según el espesor





**Tabla 4.2.** Transmitancia térmica de los perfiles ( $W/m^2\text{°C}$ ).

DIMENSIONES DEL PERFIL, ESPESOR	MADERA DE PINO ( $550 \text{ kg/m}^3$ )	MADERA DE ROBLE ( $750 \text{ kg/m}^3$ )
56	1,6	2,0
63	1,5	1,9
68	1,4	1,8
78	1,3	1,6
88	1,2	1,5
92	1,1	1,4
110	1,0	1,3

Las especies de madera más utilizadas en la fabricación de ventanas son por eficiencia energética el Pino y el Abeto, otras especies de coníferas utilizadas son el Cedro y el Hemlock. En frondosas europeas, por su belleza y durabilidad el Roble y el Castaño, además se utilizan también maderas de procedencia tropical por su resistencia a la intemperie y durabilidad, principalmente el Iroko y también el Niangón, Sapelly, Elondo y Meranti. Las especies tropicales se están usando cada vez menos por la dificultad de encontrar madera de procedencia sostenible y por el aumento de las restricciones normativas en este sentido.

### **A. Ventanas sistema IV68, Clase A**

Estas ventanas son las utilizadas habitualmente en la construcción de **edificios con clasificación energética A**. Normalmente estos perfiles vienen equipados con una doble junta de estanquidad perimetral, de estas juntas perimetrales una actúa para dar estanquidad al aire de la ventana y la otra para mejorar el comportamiento acústico.

Se equipan siempre como mínimo con doble vidrio, con cámara de aire de 16 mm. para maximizar la prestación térmica tal y como puede verse en la Foto 4.3.



**Foto 4.3.** Ventana DJ68 CARINBISA.

Este tipo de ventanas está certificado por el organismo CasaClima (KlimaHaus) de Bolzano (Italia) como ventanas aptas para Casa Clima A, es decir casas con un **consumo energético de 30 Kw/hm<sup>2</sup> al año**. Este consumo es inferior al de la normativa española más restrictiva, a modo de comparación para una vivienda unifamiliar en Madrid la calificación energética clase A se consigue con un consumo de energía primaria total de 44,6 Kw/hm<sup>2</sup> al año.

Estos sistemas de ventana se fabrican habitualmente en Pino laminado, la transmitancia térmica  $U_f = 1,4 \text{ W/m}^2\text{°C}$ , y se pueden conseguir conjuntos de ventana con transmitancias térmicas de hueco,  $U_w = 1,2 \text{ W/m}^2\text{°C}$ . En la Tabla 4.3 podemos ver las prestaciones habituales de este tipo de ventanas, con los sistemas de vidrio más comúnmente instalados.

**Tabla 4.3.** Transmitancia térmica ventanas DJ 68 ( $U_f = 1,4 \text{ W/m}^2\text{°C}$ ).

VIDRIO	U VIDRIO	U VENTANA
4 (16 air) 4	2,7	2,4
4 (16 air) 4 low	1,4	1,4
4 (16 arg) 4 low	1,1	1,3
4 (16 arg) 4 low solar	1,0	1,2

### **B. Ventanas sistema IV92, Pasiva**

Estas ventanas son las utilizadas habitualmente en la construcción de **viviendas con consumo de energía casi nulo**. Normalmente estos perfiles vienen equipados con triple o cuádruple junta de estanquidad perimetral, de estas juntas perimetrales una actúa para dar estanquidad al aire de la ventana, una para mejorar el comportamiento acústico, y la tercera y cuarta para tener un accionamiento más suave y mantener las prestaciones a lo largo de la vida útil.

Se equipan normalmente con vidrio triple, con doble cámara de aire de 16 mm para maximizar la prestación térmica tal y como puede verse en la Foto 4.4.



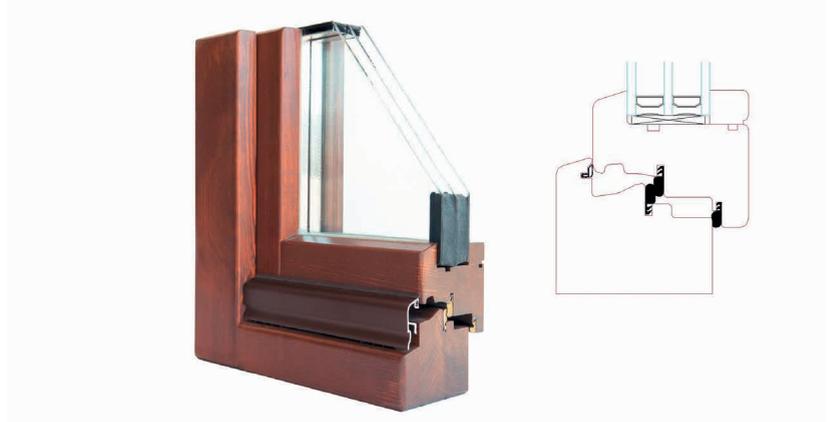


Foto 4.4. Ventana V92 CARINBISA.

Este tipo de ventanas está certificado por el organismo CasaClima (KlimaHaus) como ventanas aptas para Casa Clima GOLD, es decir casas con un **consumo energético de 10 Kw/hm<sup>2</sup> al año**. Este consumo es equivalente al del estándar del instituto **PassivHaus**, y corresponde a edificios con un consumo de energía casi nulo.

Este tipo de ventanas al disponer de un gran espacio para el vidrio y tener una sección de madera importante, pueden ser equipadas con vidrios de altas prestaciones acústicas de gran peso, alcanzando **aislamientos de 50 dB al ruido aereo**.

Estos sistemas de ventana se fabrican habitualmente en Pino laminado, la transmitancia térmica  **$U_i = 1,1 \text{ W/m}^2\text{°C}$** , y se pueden conseguir conjuntos de ventana con transmitancias térmicas de hueco,  **$U_w = 0,8 \text{ W/m}^2\text{°C}$** . En la Tabla 4.4 podemos ver las prestaciones habituales de este tipo de ventanas, con los sistemas de vidrio más comúnmente instalados.

Tabla 4.4. Transmitancia térmica ventanas V92 ( $U_i = 1,1 \text{ W/m}^2\text{°C}$ )

VIDRIO	U VIDRIO	U VENTANA
4 (16 air) 4 (16 air) 4	1,8	1,7
low 4 (16 air) 4 (16 air) 4 low	0,8	1,0
low 4 (16 arg) 4 (16 arg) 4 low	0,6	0,9
low 4 (20 arg) 4 (20 arg) 4 low	0,5	0,8

### 4.3.2. Sistemas mixtos madera - aluminio

Las ventanas con perfiles mixtos de madera y aluminio, tienen las mismas prestaciones que las ventanas de madera con la ventaja añadida de que se reduce el mantenimiento de la cara exterior.

Estas ventanas pueden realizarse con perfiles similares a los de las ventanas de madera por lo que las prestaciones térmicas son equivalentes. Normalmente en los perfiles mixtos al tener que colocar el aluminio clisado se utiliza este como junquillo de cristal, quedando unas líneas interiores mucho más limpias como puede verse en la Foto 4.5.



**Foto 4.5.** Ventana Mixta, interior recto.

Al realizarse las ventanas mixtas, se pueden conseguir sin ningún problema estéticas diversas como se consiguen con las ventanas de aluminio, desde sistemas con líneas redondeadas a sistemas de vidrio oculto. El único problema con el que nos encontramos es que estamos limitados en el grosor del vidrio, al ser este siempre fijo podemos encontrarnos con combinaciones de lunas y cámaras imposibles de realizar.

Los grosores normales de los vidrios en ventanas mixtas son 24 o 28 mm. totales para ventanas de doble vidrio y 40 o 54 mm. totales para ventanas de triple vidrio. Esto posibilita instalar vidrios de transmitancia térmica muy baja,  $U_v = 1,0$  en los sistemas de vidrio doble y  $U_v = 0,5$  en los sistemas de vidrio triple, alcanzando valores de transmitancia térmica de ventanas aptos para viviendas pasivas,  $U_w = 0,8$ . En la Foto 4.6 se pueden ver diferentes variantes de ventanas mixtas.



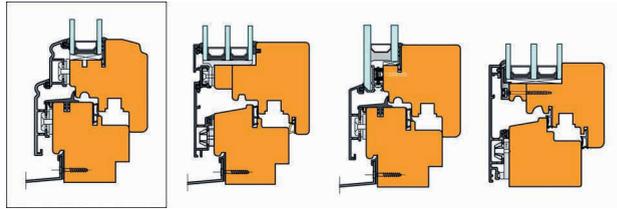


Foto 4.6. Diversos sistemas de ventana mixta.

#### 4.4. PERFILES MODIFICADOS DE MADERA PARA EFICIENCIA MÁXIMA

Para aumentar las prestaciones de las ventanas con transmitancias térmicas de marco de madera por debajo de la unidad se pueden seguir 3 caminos:

El más sencillo es continuar aumentando el grosor de la carpintería pero aparece el inconveniente de que a partir de 110 mm. de espesor los herrajes pueden no funcionar correctamente por la distribución de pesos y las ventanas son poco prácticas de accionar. El límite de estos perfiles utilizando madera de abeto está en  $U_f = 0,9 \text{ W/m}^2\text{°C}$

Otro camino que es el utilizado en los países nórdicos (Rusia, Suecia, Finlandia, etc) es realizar dobles carpinterías. Con estos sistemas se puede lograr aislamientos muy altos, pero se necesita un grosor de obra superior al normal y en cuanto a uso son mucho menos prácticas que otras ventanas

El camino que ha tomado la industria es trabajar a partir de los perfiles laminados de madera y modificarlos mecánicamente para aumentar sus prestaciones

##### 4.4.1. Perfiles laminados modificados

En los perfiles laminados modificados para mejorar su comportamiento térmico hay básicamente dos familias. Los perfiles con cámaras adicionales de aire dentro de la madera y los perfiles mixtos de madera con algún otro material aislante como corcho o espumas aislantes. Diferentes fabricantes de laminado han optado por diversas soluciones patentadas, estos sistemas no se utilizan actualmente en nuestro país.

### A. AiroTherm (Holz-Shiller)

El perfil laminado AiroTherm combina una madera de alto aislamiento (pino o abeto) con cámaras de aire realizadas mediante ranuras en las lamas de madera. Estas ranuras se fabrican de modo personalizado e independiente para cada sistema de ventana de modo que no afecten a las prestaciones generales del perfil laminado, no reducen la resistencia ni la estabilidad del mismo. En la Foto 4.7 se puede ver cómo van mecanizadas estas ranuras. Al realizar las ranuras se tiene en cuenta el espacio que ocupan las uniones entre las diferentes piezas de las hojas y marcos de la ventana.

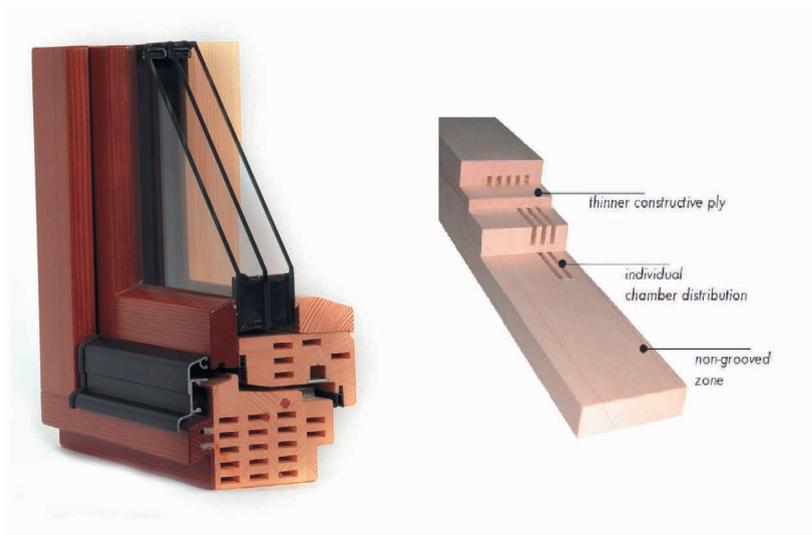


Foto 4.7. AiroTherm.

Se puede conseguir una mejora en las prestaciones del perfil laminado de pino estándar superiores a un 20 %, alcanzándose valores de  $U_f < 1,0$  con facilidad. En la Tabla 4.5 podemos ver la mejora en los sistemas más habituales

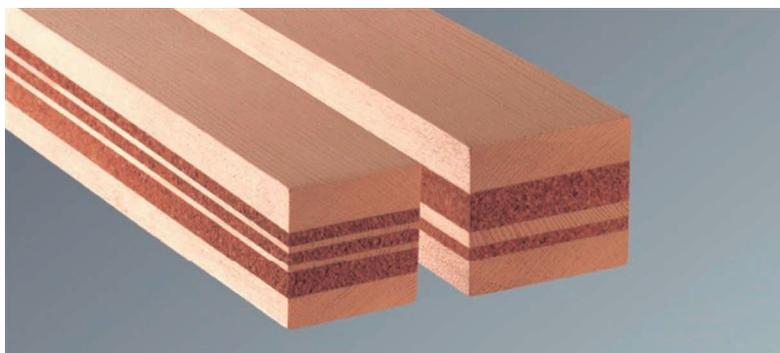
Tabla 4.5. Valores de transmitancia térmica de perfiles AiroTherm.

ESPESOR CARPINTERÍA	LAMINADO DE PINO	LAMINADO AIROTHERM
IV 68	1,4	1,1
IV 78	1,3	0,98
IV 92	1,1	0,89
IV 110	1,0	0,78

El uso habitual de estos perfiles es sustituir carpinterías gruesas de 92 o 110mm. Por perfiles más sencillos de 68 o 78mm. de espesor ya que vienen a ser equivalentes.

### **B. Perfiles con inserciones de otros materiales**

Las máximas prestaciones en perfiles laminados se consiguen con una modificación completa del sistema, pasando de perfiles de madera a perfiles mixtos con madera y otros materiales más aislantes. Estos materiales más aislantes son el corcho y las espumas de poliuretano. En la Foto 4.8 se puede ver un perfil mixto corcho-madera FIRINORM.



**Foto 4.8.** Perfil FIRINORM.

Con este tipo de perfiles mixtos se pueden conseguir transmitancias térmicas de marco más bajas que las de cualquier otro material,  $U_f = 0,6 - 0,7 \text{ W/m}^2\text{°C}$ .

Estos niveles de transmitancia son iguales a los de los vidrios triples de mayor aislamiento, con lo que las ventanas resultantes tienen transmitancias térmicas equiparables a las del muro,  $U_w = 0,65 \text{ W/m}^2\text{°C}$ . En estas ventanas las mayores pérdidas energéticas no son en el marco o en el vidrio, sino en el perfil separador de las láminas del vidrio.

Algunos fabricantes para conseguir valores de transmitancia similares, en lugar de preparar perfiles laminados mixtos lo que hacen es fabricar las ventanas con perfiles laminados de madera y luego realizar mecanizados en zonas donde no afecten a la estabilidad y la resistencia de la ventana y rellenarlos posteriormente con lanas minerales o espumas.

#### 4.4.2. Perfiles mixtos triples madera – aluminio – XPS

En las ventanas mixtas además de utilizar estos perfiles técnicos mixtos de madera y otros materiales se realizan diseños de materiales triples.

Siguiendo la idea de colocar un perfil de aluminio en el exterior para proteger a la ventana de madera de las inclemencias climáticas y otras agresiones se preparan sistemas donde el perfil de madera queda en el interior, para dar el confort y la calidez a la vivienda, así como para soportar el herraje y peso del vidrio y en la zona de separación entre madera y aluminio se insertan perfiles extrusionados de poliestireno XPS. En la Foto 4.9 se puede ver una ventana con sistema mixto triple.



Foto 4.9. Sistema TermoScudo Uniform

Con este sistema se consigue a partir de una ventana de madera de 68mm. que es un sistema ampliamente difundido una transmitancia térmica de marco  $U_f = 0,74$ .

#### 4.5. OTROS ASPECTOS A TENER EN CUENTA PARA UN AHORRO ENERGÉTICO MÁXIMO

Para elegir el mejor sistema de ventana cuando llegamos a grandes aislamientos hay que tener en cuenta otros apartados. Estamos hablando de consumos de energía mínimos, por lo que, apartados que se suelen obviar como el coste energético de fabricación, empiezan a ser relevantes. A la hora de evaluar la idoneidad desde un punto de vista de la sostenibilidad en la edificación se ha de tener en cuenta todo el ciclo de vida del elemento y no solamente sus prestaciones después de la puesta en obra.





Otro punto muy importante a tener en cuenta son las infiltraciones de aire, en las viviendas pasivas, se limitan estas infiltraciones a 0,6 renovaciones por hora de todo el aire de la vivienda, esto es una estanquidad elevadísima pero es muy importante a la hora de reducir el consumo puesto que la entrada de aire frío (o caliente) del exterior sin un control puede hacernos consumir toda la energía que ahorramos por tener un cerramiento eficaz.

#### 4.5.1. Ventanas de madera, ventanas de bajo coste energético de fabricación

Las **ventanas de madera** son las que menos contaminan durante su fabricación, por su **menor coste energético** de obtención de materia prima y mecanización. El coste energético de una ventana de madera precisa 25 veces menos energía que una ventana de PVC y 53 veces menos que una ventana de aluminio. En la Tabla 4.6 podemos ver una comparativa de coste energético y CO<sub>2</sub> liberado a la atmósfera por los diferentes tipos de ventanas.

**Tabla 4.6.** Costes energéticos y ambientales en la fabricación de ventanas

MATERIAL	COSTE ENERGÉTICO kwh/kg	EMISIÓN DE CO <sub>2</sub> (kg)
Madera	0,58	6
PVC	15,08	168
Aluminio	30,74	270

Las ventanas mixtas son algo menos eficientes que las de madera, pero siguen siendo más eficientes que las de aluminio o PVC, y en caso de que se utilice madera de procedencia local el coste energético aún se reduciría más todavía porque el transporte de los materiales es relevante dentro de la fabricación de ventanas de madera.

La madera además por su naturaleza es un reservorio de CO<sub>2</sub>, los árboles durante su crecimiento fijan del orden de 1Tm de CO<sub>2</sub> por m<sup>3</sup> de madera, al unir esta absorción de carbono al bajo consumo energético durante su fabricación y a la gran eficiencia durante su vida útil, por el elevado aislamiento que supone, encontramos que las ventanas de madera tienen una **Huella de Carbono Negativa** en muchos casos y en otros neutra.

La madera es un material sostenible, renovable y reciclable. Es la única materia prima renovable que se utiliza en gran escala y que para su aprovechamiento no daña al medio ambiente, ya que todos sus residuos son biodegradables. La industria de la madera está plenamente concienciada del respeto al medio ambiente y las especies utilizadas normalmente son extraídas de bosques con una gestión forestal sostenible.

La industria de la madera es la primera interesada en conservar y mejorar la gestión de los bosques, puesto que además de proteger el equilibrio ecológico del planeta, se asegura el suministro de materia prima de calidad. La valorización de los bosques como materia prima industrial ayuda a conservar población en zonas rurales y a evitar la quema incontrolada de la masa forestal para transformar el terreno en pastos o campos de cultivo. De un bosque correctamente gestionado no solamente se extrae madera sino que se obtienen otros productos como resinas y además se ayuda a mantener la biodiversidad natural dando un hábitat a las especies animales.

### 4.5.2. Estanquidad al aire de las ventanas

La estanquidad al aire en las ventanas es uno de los puntos más importantes a tener en cuenta de cara a la eficiencia energética. Cualquier entrada de aire en la vivienda se traduce en un gasto de energía para adecuar la temperatura de este aire a la temperatura de confort de la vivienda.

Dependiendo del sistema de apertura, abatible, corredera, oscilobatiente, pivotante, etc. de las juntas de estanquidad y la naturaleza de las mismas así como de la geometría y el diseño de los perfiles nos encontramos con permeabilidades muy diversas.

La permeabilidad al aire de las ventanas se mide según las indicaciones de la norma UNE-EN 12207, esta norma tiene 4 niveles de clasificación de menor a mayor estanquidad. A 100 Pa de presión una ventana de clase 1 tiene una permeabilidad de  $50 \text{ m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2$  y una ventana de clase 4 tiene una permeabilidad  $3 \text{ m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2$ . Como se puede apreciar la diferencia en infiltración de aire es muy grande.

Una ventana tipo de 120x120 y 2 hojas, de clase 4 tiene unas pérdidas producidas por transmisión térmica de las infiltraciones de aire del or-





den de  $0,5 \text{ W/m}^2\text{°C}$ , un valor por debajo de la transmitancia térmica de una ventana con vidrio doble estándar ( $U = 2,4 \text{ W/m}^2\text{°C}$ ) pero significativa cuando se trata de una ventana de altas prestaciones ( $U = 1,2 \text{ W/m}^2\text{°C}$ ). En su lugar la misma ventana tipo, si fuera de clase 1 tendría unas pérdidas por infiltraciones de  $7 \text{ W/m}^2\text{°C}$ , del orden del triple que las pérdidas por conductividad de los materiales, con lo que todo el gasto y esfuerzo invertido en unos perfiles y cristales de alta eficiencia se pierde por la baja estanquidad de las juntas.

Debido a este efecto en las viviendas del estándar PassivHaus se busca una elevadísima estanquidad al aire, permitiéndose solamente 0,6 renovaciones por hora de todo el aire de la vivienda, medidas produciendo un diferencial de presión dentro-fuera de 50 Pa. En este tipo de viviendas se instalan sistemas de ventilación forzada para garantizar la salubridad con intercambiadores de calor.

Es importante tener en cuenta sistemas de ventilación ya que si colocamos carpinterías eficientes estaremos en tasas de renovación por debajo de 2 renovaciones a la hora, que son insuficientes para garantizar la salubridad.

### **4.6. MANTENIMIENTO, GARANTÍA DE LARGA VIDA**

Todos los sistemas de ventanas, sean del material que sean necesitan un mantenimiento al igual que los coches y cualquier otro elemento de la vivienda. La limpieza de los perfiles para evitar abrasiones y agresiones del medio, la limpieza de los vidrios, la sustitución de gomas y el lubricado de los herrajes de una forma periódica son mantenimientos comunes a todos los sistemas de ventanas.

En las ventanas de madera siempre nos encontramos con la necesidad de realizar un mantenimiento extra, este mantenimiento no es algo negativo ya que nos permite mantener las prestaciones de la ventana en máximos durante todo su ciclo de vida, e incluso aumentar la vida de la ventana por encima de las de otros materiales.

Los barnices al agua utilizados actualmente además de ser mucho más amigables con el medio ambiente dan garantías de durabilidad mínimas de 5 años, pudiendo conseguir pasar a 10 años e incluso por encima con un buen diseño de la carpintería y con la aplicación de renovadores de una forma sencilla.

Para maximizar la vida de la ventana, no solamente tenemos que realizar este mantenimiento, sino que ésta debe estar fabricada siguiendo unos requisitos desde la elección de la especie de madera, la forma de mecanizarla y el cómo aplicar los productos de acabado.

**La elección de la especie de madera.** Las maderas deben tener una suficiente durabilidad natural, se recomienda el uso de perfiles laminados para eliminar defectos superficiales en los perfiles.

**El mecanizado de los perfiles.** Las ventanas deben tener perfiles suficientemente redondeados para que el barniz se adhiera suficientemente. Se debe garantizar una inclinación mínima en las zonas expuestas para evitar acumulaciones de agua. Durante la instalación en obra se deben evitar golpes y ralladuras que dañen los perfiles.

**La aplicación de los barnices** debe realizarse de la forma más automatizada posible, para de este modo garantizar una cobertura suficiente de los perfiles y que esté repartida de forma uniforme. La capa de acabado debe tener como mínimo 40 micras en seco, lo que nos da una vida de 5 años en casos de máxima exposición a la intemperie (pérdida de 8 micras al año) una vida de 10 años en exposiciones medias (pérdida de 4 micras al año) y una vida de 20 años en exposiciones protegidas (pérdida de 1 micra al año).

Con estos gramajes encontramos que pasados estos plazos simplemente se debe reponer la capa de terminación, por lo que no hay que lijar y decapar la ventana. Reduciéndose por tanto los costes de mantenimiento al mínimo y siendo muy sencillos de realizar como un bricolaje, para mejorar estos rangos de vida existen productos diseñados expresamente para renovar poco a poco esta capa de acabado.

Los renovadores se aplican dos veces al año, con una operación tan sencilla como limpiar la carpintería por el exterior a la vez que se limpian los cristales. Con este sencillo proceso duplicamos la vida de las ventanas pudiendo pasar a los 10 o 15 años de durabilidad en cualquier exposición, tal como vemos en la Foto 4.10. Además los fabricantes disponen de sistemas con los que realizar mantenimientos para edificios alargando la vida del acabado de la carpintería por encima de los 30 años.





Foto 4.10. Garantía Renner WorldWide

## BIBLIOGRAFÍA

(LLORENTE DIAZ, I.M.) «Análisis del ciclo de vida de la ventana de madera» (2011) Universidad Politécnica de Madrid, EUITF, Madrid

(ORTIZ GUTIERREZ, J) «Diseño de ventanas de madera para mejorar el rendimiento energético» (1983) AITIM, Madrid

(VV.AA.) «Dossier técnico ventanas de madera y mixtas» (2011) ASOMA, Madrid

(VV.AA.) «Frente al cambio climático, utiliza madera» (2006) CEI-BOIS, Bruselas

(VV.AA.) «Guía de la madera, productos básicos y carpintería» (2010) AITIM, Madrid

(VV.AA.) «Guía del estándar PassivHaus» (2011) FENERCOM, Madrid

(VV.AA.) «Guía de compras públicas de madera sostenible» (2009) AEIM, Madrid

(VV.AA.) «Guía de construir con madera» (2010) CcM CONFEMADERA, Madrid

(VV.AA.) «Guía técnica de ventanas para la certificación energética de edificios» (2014) ASEFAVE, Madrid

(VV.AA.) «Ho miris com ho miris contra el canvi climatic utilitza fusta» (2008) CETEBAL, Manacor

(Palacios, J) «Manual de durabilidad y acabados en ventanas de madera» (2014) ASOMA, Madrid

(VV.AA.) «Manual práctico de prescripción y recepción de ventanas en obra» (2010) ASEFAVE, Madrid

(VV.AA.) «Por qué escoger ventanas de madera» (2014) ADEMAN Universidad de Navarra, Pamplona

(Peraza, J.E.) «Ventanas de madera» (2011) AITIM, Madrid

# 5

## MARCOS DE ALUMINIO DE ALTA EFICIENCIA



### 5.1. INTRODUCCIÓN

El objetivo fundamental de este capítulo es el determinar los condicionantes que afectan a los marcos de aluminio empleados en ventanas y puertas y que nos proporcione de forma general las pautas que se aplican en el diseño general para resolver en lo posible los problemas físicos, y poder analizar de forma rápida las soluciones propuestas, para conseguir elementos de alta eficiencia energética y que ésta eficiencia se mantenga en el tiempo de uso del cerramiento, dejando aparte el cálculo exhaustivo de cada solución que se puede hacer siguiendo la metodología de la normativa relacionada al final del capítulo.

### 5.2. TÉRMINOS, DEFINICIONES

El aluminio como material, es un metal que se descubre a finales del siglo XIX, es **resistente** con densidad  $2,7 \text{ gr/m}^3$ , muy **ligero, maleable** y **moldeable**; con lo que se consiguen formas geométricas complicadas con tolerancias muy bajas y es fácil de conservar. Naturalmente se auto protege, pero por medio del anodizado y el lacado se consigue una alta protección, con gran cantidad de colores y texturas, lo que le hace idóneo para el empleo en arquitectura, es **reciclable**, se puede refundir indefinidamente y con muy bajo coste.

El aluminio puro se alea con diferentes materiales para aumentar su resistencia, ductilidad y acabado superficial. En el caso del aluminio arquitectónico las aleaciones utilizadas son las de la serie 6, y por su resistencia y acabado la EN AW-6060, T66 (Al-MgSi 0,5), Limite elástico  $15 \text{ kN/cm}^2$ , Módulo elástico  $700.000 \text{ kN/cm}^2$ .



### 5.2.1. ¿Qué entendemos por «marcos»?

Según la norma UNE-EN ISO 10077-2 considera de forma general al marco como el elemento opaco perimetral al vidrio.

Estos marcos forman la estructura resistente del elemento que cierra el hueco, la ventana.

Este aspecto es muy importante dado que nos condicionará el diseño, de los dos elementos básicos, en el caso de las ventanas, que componen «la estructura» marco y hoja.

## 5.3. PREMISAS DE DISEÑO VENTANAS BATIENTES EJE VERTICAL

Según la norma UNE-EN ISO 10077-2 Cálculo del coeficiente de transmisión térmica. Parte 2: Método numérico para los marcos.

El material principal es, por definición del capítulo, Aluminio y pletinas aislantes, Los datos más importantes son:

«Para perfiles metálicos, el espesor, posición, tipo y número de roturas de puentes térmicos».

En la norma mencionada, se contemplan las prestaciones térmicas de ventanas y puertas. Lógicamente, en el apartado resistencia, el diseño se determina por medio de otra norma, la conjunción de todos los parámetros, son muy necesarios ya que las exigencias térmicas también afectan al vidrio y a su composición, siendo necesario la utilización de vidrios con tres cámaras lo que aumenta el peso y es necesario realizar hojas con mayor capacidad de carga.





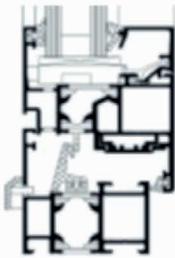
En estas cámaras se producen tres efectos en mayor o menor grado dependiendo de la distancia entre paredes, el gradiente de temperatura el volumen etc. Los modos de transferencia de temperatura:



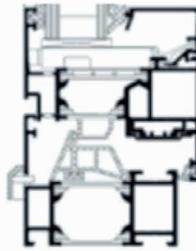
La radiación térmica es la más importante, se propaga  $\propto T^4$  la convección  $\propto T$ . Esta transferencia de calor según el 2º principio de la termodinámica siempre se produce del cuerpo más caliente al más frío y se ralentiza pero no se detiene. En el caso de los marcos de aluminio se consigue ralentizar ampliando la longitud de las pletinas aislantes, relleno de las cámaras, aumentando el número de cámaras, etc. Actualmente el mínimo son tres cámaras para conseguir un coeficiente de transmisión térmica aceptable, sirva de ejemplo el valor  $U_f$  ( $W/m^2K$ ) para diferentes diseños en los que se va evolucionando en distancia de pletinas aislantes, cámaras, etc. (Fig. 5.3)



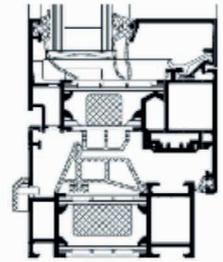
$$3.5 < U_f \leq 4.5$$



$$2.8 < U_f \leq 3.5$$



$$2 < U_f \leq 2.8$$



$$U_f \leq 1.7$$

Figura 5.3.

Estos ejemplos de diseño ya se han mejorado notablemente, consiguiéndose valores  $U_f$  más bajos. También es importante en el diseño, que las isoterms de temperatura estén situadas en las zonas correctas, para anular la condensación intersicial de los perfiles, o que algún punto del perfil interior, aunque sea una zona no visible, este por debajo del punto de rocío. En la Fig. 5.4 se puede observar que todas las partes metálicas del perfil interior están en la zona de temperatura alta (roja), con lo que no se producen condensaciones.

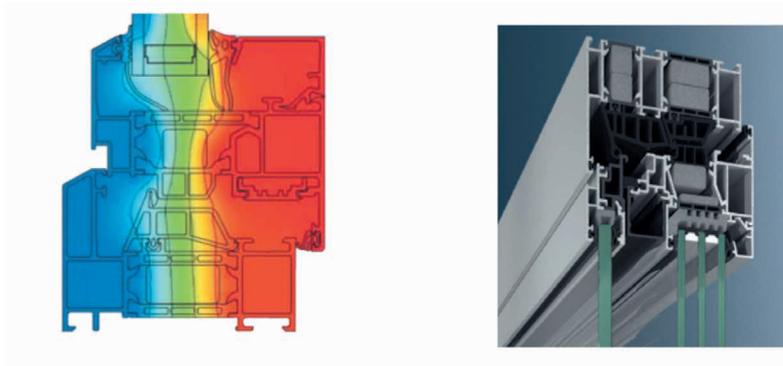


Figura 5.4. Líneas de Temperatura. Sistema con  $U_f=0,85$

En la norma UNE-EN 10077, se contemplan las prestaciones térmicas de ventanas y puertas, no la resistencia, al aumentar las exigencias de una  $U_w$  más baja, es necesario aumentar las prestaciones del vidrio, para lo que en casos hay que pasar al triple acristalamiento lo que hace aumentar el peso a soportar por las hojas y los herrajes. Marco y hoja son un mecanismo que no debe deformarse, estas necesidades modifican directamente a la superficie expuesta del marco ya que la hoja, al aumentar su capacidad de carga, es necesario que aumente en sus cotas y esto afecta al  $U_f$ .

Ejemplo: con el mismo marco en los cuatro casos, variando las hojas para aumentar la capacidad de carga por hoja, desde 90 Kg hasta 160 Kg.

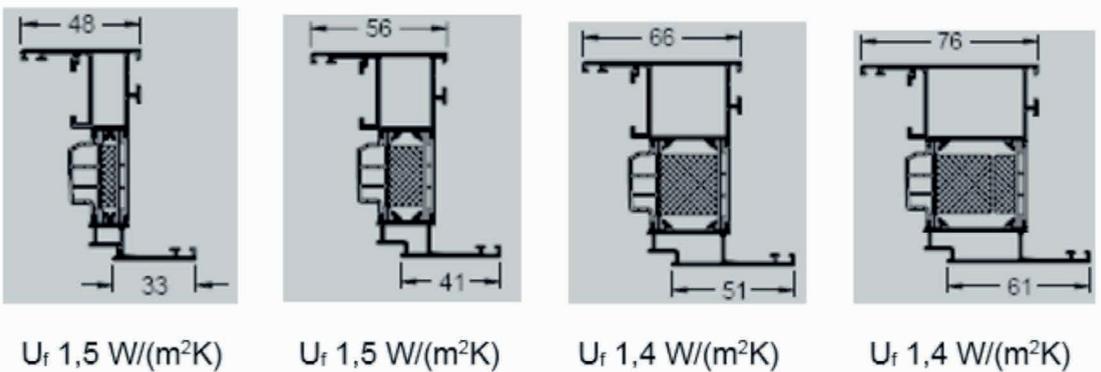


Figura 5.5.

Se puede observar que los perfiles con mayor superficie, no aumentan el  $U_f$ , si se observa la Fig. 5.4 se puede ver como las zonas rojas (más calientes) son las interiores, que son las que en mayor volumen



crecen porcentualmente, y que no están afectados por la temperatura exterior. En los perfiles exteriores, sus cámaras crecen mucho menos en volumen. Si la cámara central, la delimitada por las pletinas aislantes, está diseñada para evitar los fenómenos físicos, radiación, conducción y sobre todo el de convección, el resultado es que se puede mejorar el  $U_f$ .

## 5.4. PREMISAS DE DISEÑO DE PUERTAS

Todos los conceptos generales tratados en el anterior capítulo son aplicables a los marcos de puertas, por lo que se contemplarán las diferencias:

- Uso de herrajes con otro concepto de uso y diseño, para soportar grandes cargas, con huecos mayores tanto de ancho como de alto.
- Alfeizar lo más bajo posible, sin perder eficiencia

### 5.4.1. Diseño de perfilería

Comenzando por los diseños más convencionales, Fig. 5.6, con un concepto constructivo de tres cámaras y con un alfeizar sencillo Fig. 5.8 y con una altura de 20mm se obtienen valores  $U_f = 1,8$

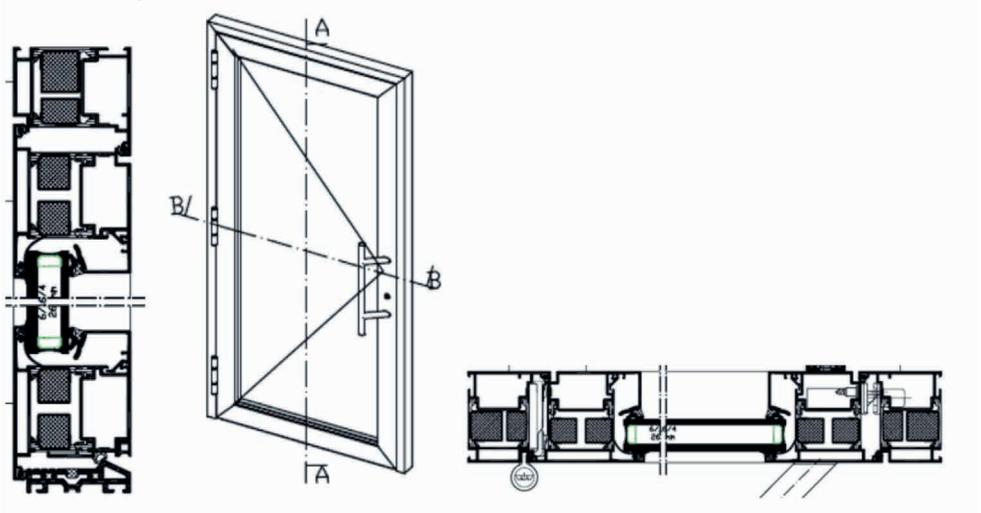


Figura 5.6.

Por las razones enumeradas de carga y medidas mayores además de valores de transmisión térmica mejorada, llegando a  $U_f \geq 1,3 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ , según UNE-EN 1077-2 se pasa a utilizar perfilería de cinco cámaras, mayor estabilidad.

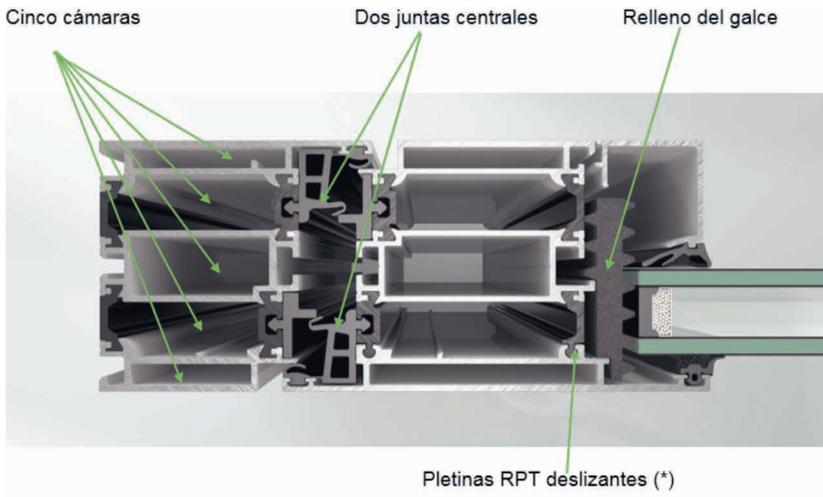


Figura 5.7.

(\*) Para evitar efecto bimetal, la diferencia de elongación del perfil interior y el exterior, este efecto se intensifica con acabados exteriores de alta absortividad.

Con este tipo de diseño se consiguen además de un bajo coeficiente  $U_f$  de la perfilería una permeabilidad al aire muy baja, ya que se utiliza el concepto de junta central ampliamente testada en las ventanas. Reduciendo las cámaras evitamos el movimiento del aire, con lo que se minimiza la transferencia de temperaturas, entre las dos caras del cerramiento, y se le dota al marco, conjunto de cerco + hoja de mayor resistencia a la carga y, por tanto, al uso continuado, todo ello con una alta eficiencia, pudiéndose llegar a  $U_f 1 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  Fig. 5.9.

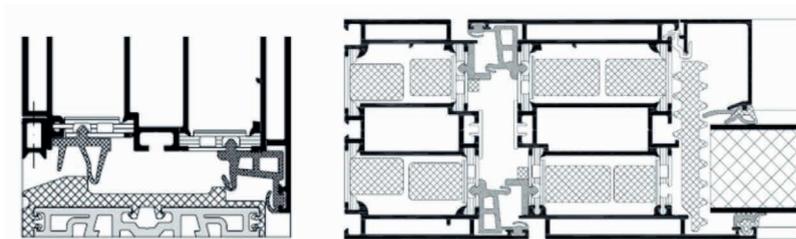


Figura 5.8. (izquierda). Figura 5.9. (derecha)





## 5.5. PREMISAS DE DISEÑO DE VENTANAS CORREDERAS

Como en los anteriores capítulos, todos los conceptos básicos, eficiencia energética, se pueden aplicar a las ventanas correderas, con el hándicap de que por concepto, los cerramientos forman planos independientes con un cierre perimetral que no se puede sellar por presión, lo que dificulta la eficiencia y la estanquidad.

### 5.5.1. Correderas de perfil visto

El diseño mantiene básicamente los mismos conceptos anteriores, separar los perfiles interior y exterior por medio de pletinas aislantes y rellenar en lo posible las cámaras de los perfiles. En el caso de las correderas, además del concepto general de funcionamiento, existe el hándicap de que no se puede crecer en la profundidad de los perfiles, como en los sistemas abisagrados, porque se terminaría en medidas muy anchas y poco prácticas para un alto número de instalaciones.

La Fig. 5.10 es un ejemplo de marco con alta eficiencia, se puede llegar a una  $U_i$  de  $2,0 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  dependiendo de las secciones, pues como hemos dicho anteriormente los parámetros de resistencia, presión de viento, carga de vidrio etc. en las correderas es necesario cumplirlos también, sin aumentar excesivamente la profundidad.

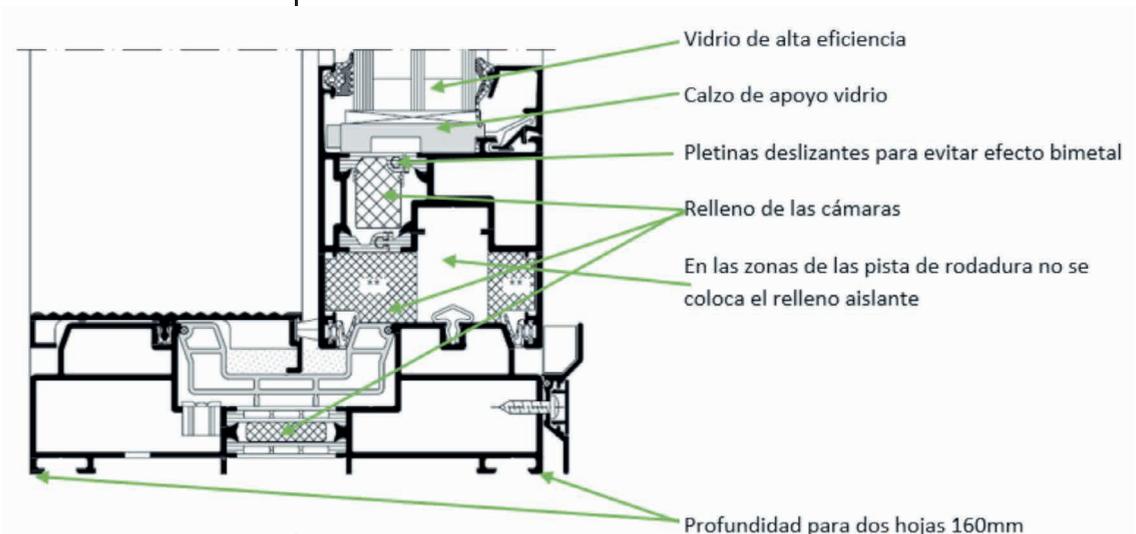


Figura 5.10.

En los marcos laterales de las correderas, en ocasiones cambia la geometría del diseño, esto ocurre, en marcos de concepto más antiguo y menos eficientes, el marco no es perimetral y el corte es a 90°.

El diseño habitual, en ventanas correderas actuales con altas prestaciones, es utilizando perimetralmente mismo perfil de marco, y el mismo concepto en los perfiles que componen las hojas, con corte y unión a inglete 45° unidos por las cámaras mediante escuadras, con lo que se consigue estabilidad y estanquidad

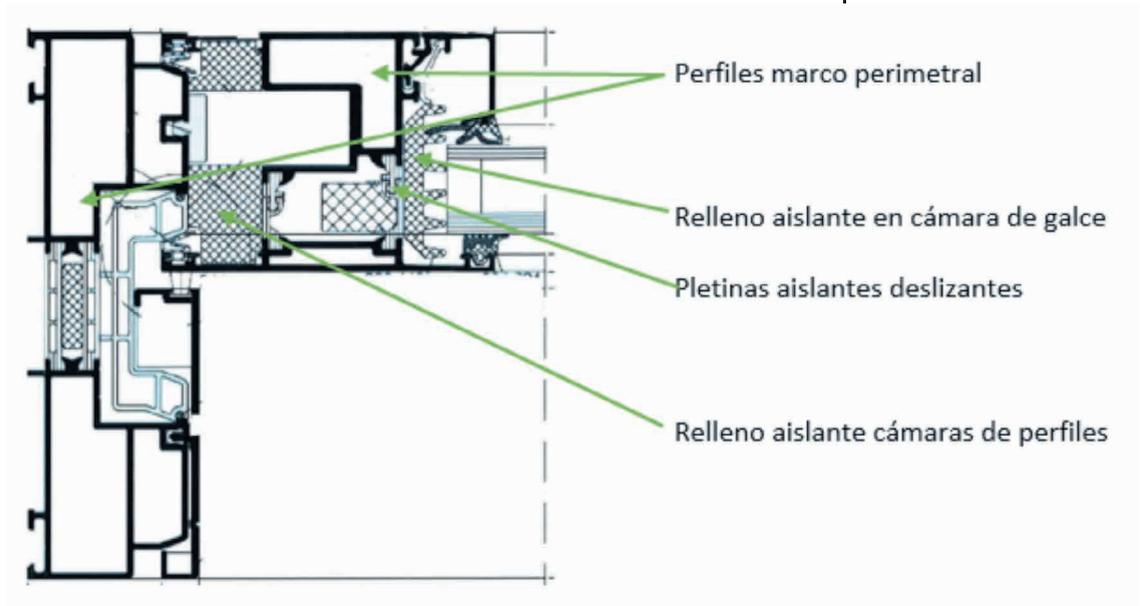


Figura 5.11.

La tercera zona a describir, importante en la consecución de alta eficiencia de la ventana, es en el cruce de las hojas, es necesario recordar que en esta zona las hojas se pueden considerar como marco.

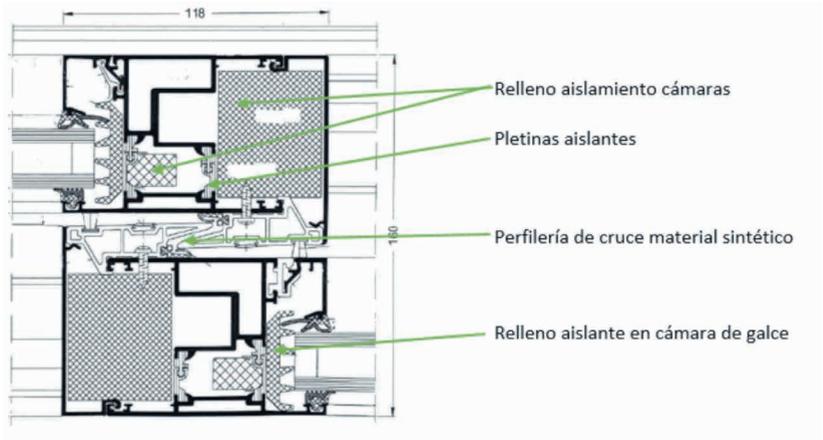


Figura 5.12.

Los conceptos de diseño enumerados se pueden apreciar por las prestaciones que se obtienen en ventanas correderas estándar, que ciñiéndonos solo a las prestaciones de los marcos, que en el caso de las correderas por concepto incluye zona central Fig. 5.12 , y considerando la eficiencia térmica  $U_f$  hasta  $2,0 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  y de  $U_w < 1,3 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  y admisión de carga, fundamental para poder soportar vidrios de altas prestaciones, de hasta de  $400\text{kg}$  por hoja.

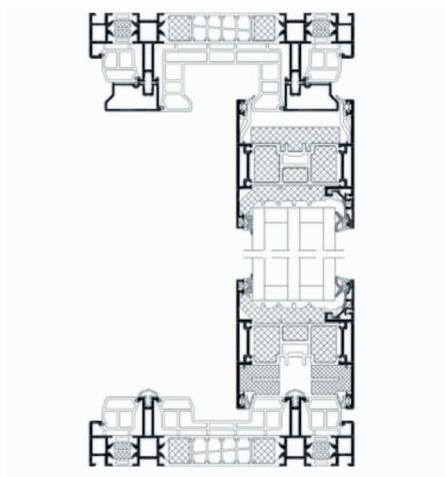


Figura 5.13. Nuevos diseños más eficientes.

### 5.5.2. Correderas de perfil oculto

Este tipo de correderas son una variante que se caracterizan por tener perfiles de hojas muy reducidos, prácticamente solo se ve la zona de

cruce y marco oculto. Para la consecución de alta eficiencia, se introducen cambios de diseño.

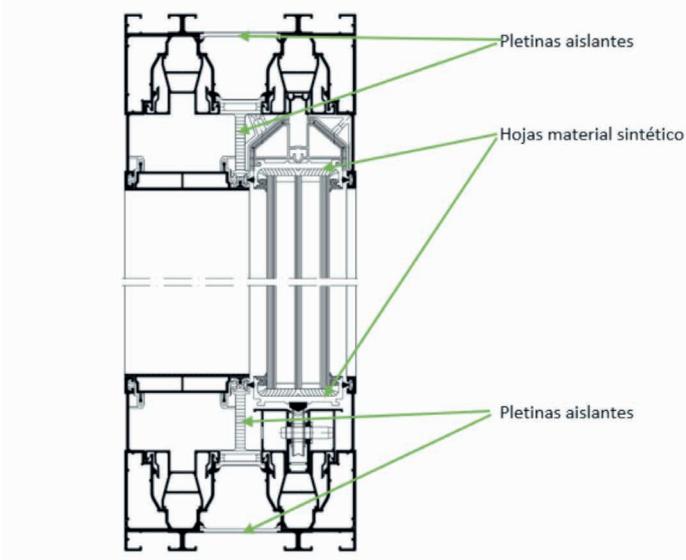


Figura 5.14.

Zona de hojas de cruce, se reduce al mínimo la cara vista de los perfiles con lo que se aumenta la eficiencia reduciendo las pérdidas. Fig 5.15.

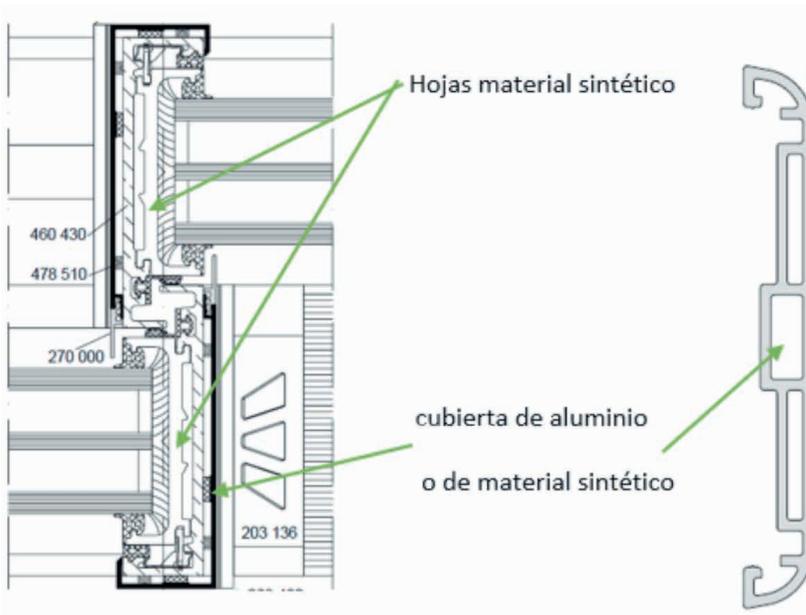


Figura 5.15.





Este tipo de correderas consiguen valores de marco  $U_f$  desde 2,4 hasta 1,2 y con vidrio de 0,6  $W/m^2K$  un valor  $U_w$  hasta de 0,85  $W/m^2K$

Se denominan de perfilera oculta, porque los marcos tanto verticales como horizontales quedan empotrados y al mismo nivel del pavimento interior y exterior.

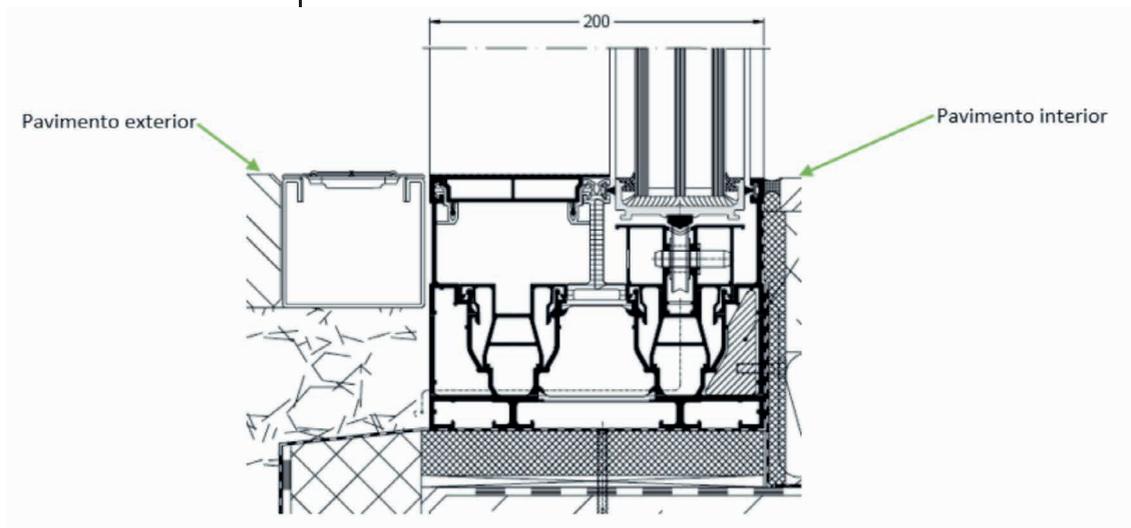


Figura 5.16

## BIBLIOGRAFÍA.

Código Técnico de la Edificación

Documento de Apoyo al Documento Básico DB-HE ahorro de energía

UNE-EN ISO 10077-1 Cálculo de la transmitancia térmica

UNE-EN ISO 10077-2 Cálculo del coeficiente de transmitancia térmica

UNE-EN 673 Determinación del coeficiente de transmisión térmica (valor  $U$ )

UNE-EN 13420 Ventanas Comportamiento entre ambientes diferentes

UNE-EN ISO 12567-1 Determinación de la transmitancia térmica por el método de la caja caliente

UNE-EN 14024 Perfiles metálicos con barreras térmicas. Comportamiento mecánico

UNE-EN 12210 Resistencia a la carga de viento

UNE-EN 12208 Estanquidad al agua

UNE-EN 13115 Clasificación de propiedades mecánicas. Carga vertical, torsión y fuerza de maniobra

UNE-EN 1627 Puertas, Ventanas Fachadas... Resistencia a la efracción

UNE-EN ISO 140-3 Acústica. Medición del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción

UNE-EN 12400 Ventanas y Puertas peatonales. Durabilidad mecánica





# 6

## CAPIALIZADOS DE ALTA EFICIENCIA



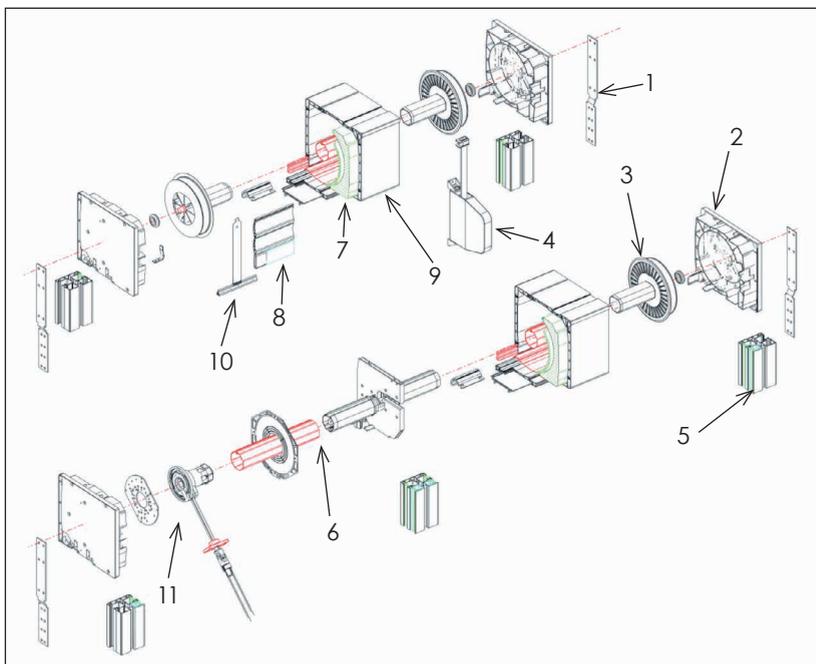
### 6.1. GENERALIDADES

Capialzado: es el elemento generalmente instalado encima de la carpintería que tiene como función proteger el hueco donde actúa, principalmente del sol, proporcionando sombra, ventilación, opacidad, privacidad y en algún caso seguridad.

El capialzado o cajón de persiana, como elemento integrante de la carpintería, no puede desmerecer los valores que comúnmente podemos definir en el resto de la ventana, como son, el aislamiento térmico y la atenuación acústica. La mayor parte de las veces, en la determinación de las características de la carpintería, elegimos un muy buen vidrio y perfiles de alta eficiencia energética, pero en muy pocas ocasiones, analizamos la elección del capialzado o cajón de persiana. El tipo de capialzado elegido puede perjudicar una perfecta definición del resto de la ventana.

En el mercado existen muy diversas calidades de capialzado, por mediación de esta guía, intentaremos conocer y definir este elemento de la carpintería para conseguir un conjunto de alta eficiencia tanto térmica como acústica.

## 6.2. PARTES INTEGRANTES DE UN CAPIALIZADO DE ALTA EFICIENCIA



	ELEMENTO	OBSERVACIONES
1	Patillas metálicas de anclaje	Necesarias para capIALIZADOS pesados.
2	Testero lateral	Es el soporte de todo el capIALIZADO.
3	Discos - Poleas	Sirven para alojar la cinta de accionamiento y posiciona las lamas de persiana.
4	Recogedor de cinta	Mecanismo para accionar la persiana.
5	Guía de persiana	Perfil que aloja el paño de lama.
6	Eje de persiana	Eje metálico donde se enrolla el paño de lama.
7	Aislamiento térmico	Fundamental para un capIALIZADO de alta eficiencia energética.
8	Paño de lama	Conjunto de lamas unidas.
9	Cajón de persiana	Cobertura del capIALIZADO que debe de garantizar la estanqueidad e insonorización y
10	Tirante	Conector del paño de lama con el eje de persiana.
11	Cardan o motor	Mecanismo para accionar la persiana. Fundamentales para una alta eficiencia energética y acústica.

### 6.3. EL AISLAMIENTO TÉRMICO EN EL CAPIALZADO

Existen dos formas de pérdidas energéticas a través de la carpintería:

#### 6.3.1. A través del capialzado.

La eficiencia térmica del capialzado varía en función de los materiales que lo componen. La manera de determinar si un elemento es más aislante que otro es por mediación de su Coeficiente de Transmisión Térmica (U) medido en  $W/m^2K$ .

Cuanto menor sea este coeficiente mejor aislamiento térmico tendrá el capialzado.

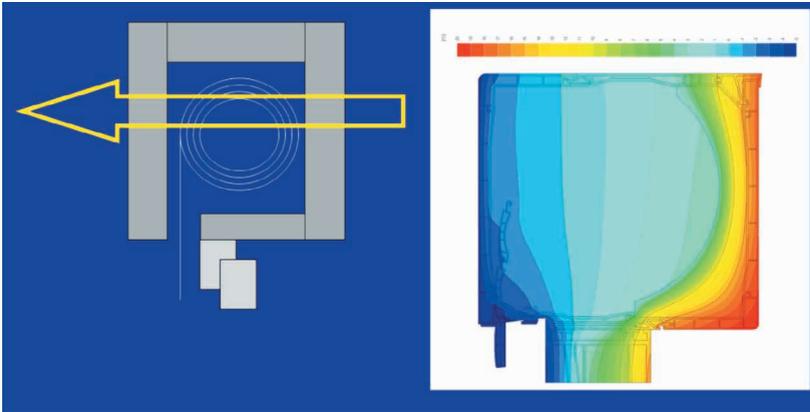


Foto 6.1.

Para mejorar este aspecto, el mercado nos ofrece cajones de persiana con materiales aislantes instalados en zonas estratégicas, el más utilizado es el poliestireno expandido, generando una barrera térmica que ayuda a reducir el coeficiente de transmisión térmica del capialzado.

Es importante no descompensar este elemento en relación al resto de la carpintería, ya que en caso contrario podrían producirse, además del coste energético, otro tipo de patologías como condensaciones por ser el elemento más frío del cerramiento.



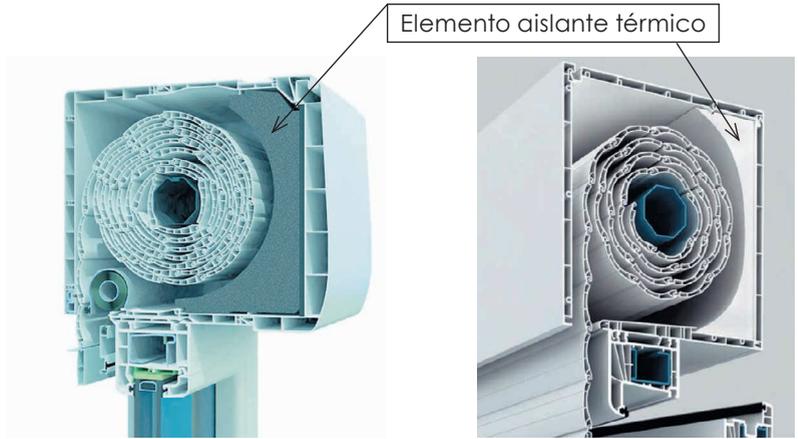


Foto 6.2.

El «Plan Renove» de la Comunidad de Madrid, exige que cada uno de los componentes de la carpintería por separado, den un valor  $U \leq 1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

### 6.3.2. Pérdidas a través de sus juntas

Dependiendo de su clasificación en relación a la estanqueidad al aire, cuanto más alta sea esta clasificación menor entrada de aire tendremos a través del capialzado y por lo tanto menos energía necesitaremos para mantener la temperatura deseada en el interior.

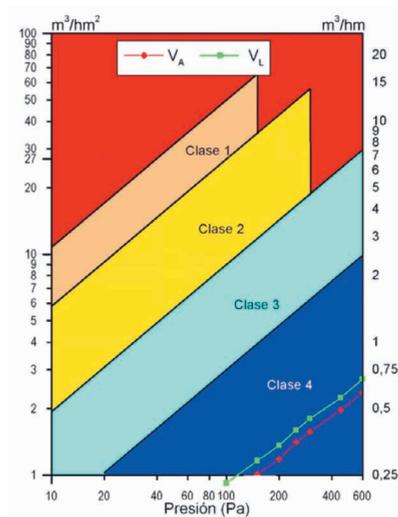


Gráfico 6.1.

*El «Plan Renove» de la Comunidad de Madrid, exige que el cajón de persiana tenga al menos una permeabilidad al aire Clase 4.*

Debemos cuidar la unión entre el marco superior de la ventana y el cajón, garantizando que sea completamente estanca. Un punto de alto riesgo de entrada de aire está en la zona del accionamiento de la persiana, la solución estándar de accionamiento es por mediación de cinta, en la mayoría de las ocasiones puede generar una clasificación al aire de Clase 3.

Para cerciorarse de este valor, sólo tenemos que pedir los ensayos iniciales de tipo (EIT) del cajón de persiana y el ensayo referente a la permeabilidad al aire debe de estar clasificado como Clase 4.

**Se debe considerar que un capialzado de alta eficiencia es aquel cuyo valor de coeficiente de transmisión térmica «U» está por debajo de 1,5 W/m<sup>2</sup>K y tiene una clasificación a la permeabilidad al aire Clase 4.**

## 6.4. LA ATENUACIÓN ACÚSTICA EN EL CAPIALZADO

De igual manera que en el epígrafe anterior, tenemos dos formas de pérdida acústica a través de la carpintería y/o capialzado.

### 6.4.1. Transmisión de sonidos por Difracción (vibración de la ventana).

Depende de las características del material. Un material es más atenuante por difracción, cuanto más pesado es y cuando su módulo elástico es más bajo.

Se utilizan capas pesadas que se atenúan dentro del cajón de persiana para mejorar la atenuación acústica del mismo.

La utilización de materiales de diferente naturaleza ayuda a atenuar la frecuencia de la onda siendo más efectiva su reducción cuantos más materiales diferentes se pueda encontrar en su recorrido. En la Foto adjunta podemos ver que la onda tiene que pasar tres materiales diferentes que actúan de barrera atacando a diferentes frecuencias de la onda sonora.



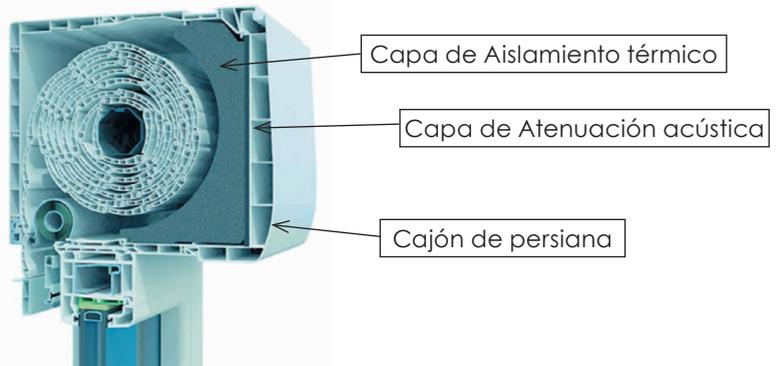
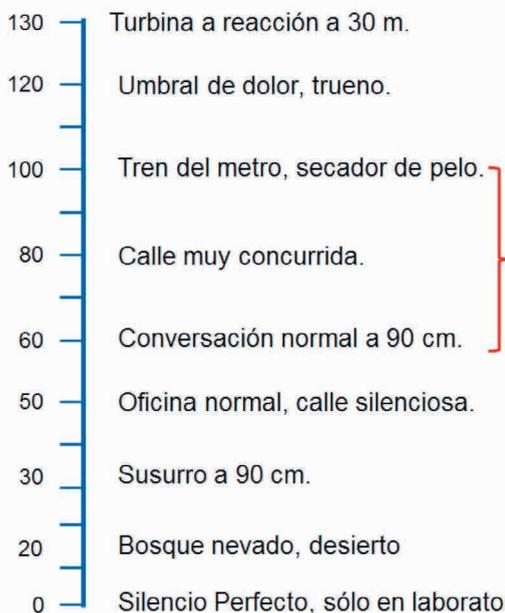


Foto 6.3.

La capacidad de atenuación acústica de un material se mide en decibelios (dB), cuantos más decibelios reduzcamos, más atenuación acústica nos ofrecerá el capialzado.

En el mercado se ofrecen gran variedad de capialzados con prestaciones de atenuación acústica muy variables.

**Se debe considerar un capialzado con alta eficiencia de atenuación acústica, cuando este supera los 40 dB.**



**VENTANA DE PVC OSCIOBATIENTE**  
 DOS HOJAS (1.230 x 1.480) mm  
 Acristalamiento: 66.2 Stadip silence  
 20 mm cámara de aire  
 44.2 Stadip silence

Índice de aislamiento a ruido aéreo:  
 **$R_A = 40,1 \pm 0,8$  dBA**  
 Índice ponderado de reducción sonora:  
 **$R_{W(C; C_{tr})} = 40 (0; -3)$  dB**  
 Incertidumbre asociada a  $R_w$ :  $\pm 2$  dB



Foto 6.4.

### 6.4.2. Transmisión de sonidos por filtración (orificios y aberturas)

En este caso dependerá de la clasificación que obtenga el cajón de persiana en el ensayo de permeabilidad al aire, cuanto mayor sea la clasificación mejor funcionará nuestro capialzado en relación a la pérdida por filtración. Ver apartado de pérdidas por juntas del aislamiento térmico.

La obtención de una Clase 4 es garantía de una buena atenuación acústica por filtración.

Los accionamientos de cinta pueden penalizar este punto, aconsejándose incorporar como accionamiento del paño de lama, motores o cardan.

## 6.5. NORMATIVA APLICABLE

### 6.5.1. Marcado CE

Todos los productos de la construcción deberán ser marcados con las propiedades que estos cumplan para cumplir con los Requisitos Esenciales de la Directiva 89/106/CEE y que, en el caso de la ventana y capialzados, están detallados en el Anexo ZA de la Norma Europea Armonizada EN-14351.

**¿Qué implica esto?** De forma resumida, el fabricante de la ventana y capialzado está obligado a tener implantado en fábrica un control de producción, haber realizado los ensayos iniciales de tipo (EIT), realizar una Declaración CE de Prestaciones y marcar el producto que pone a la venta.

Con este marcado podremos saber la clasificación que ostenta la carpintería en relación a los EIT obligatorios par este producto de construcción.



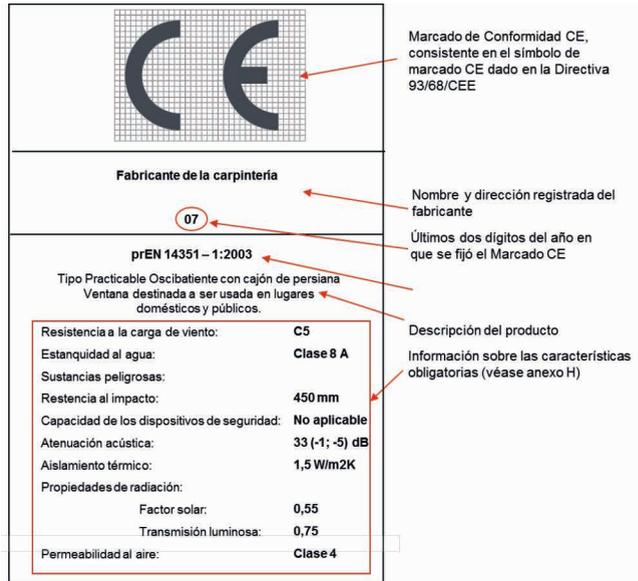


Foto 6.5.

En relación a determinar si el producto es de alta eficiencia térmica o acústica, basta con ver los valores de Aislamiento Térmico y Ate- nuación Acústica disponibles en esta etiqueta y que ambos estén de acuerdo con los requisitos solicitados en el proyecto de instalación de la nueva carpintería.

### 6.5.2. Etiqueta energética

La Asociación Española de Fabricantes de Fachadas Ligeras y Venta- nas (ASEFAVE) ha desarrollado una etiqueta energética que trata de simplificar y transmitir mejor las características aislantes de la ventana, la cual se explica en el Capítulo 1 de esta Guía.



CLASE	VALOR U	PERMEABILIDAD
A	$U \leq 1.5$	4
B	$1.5 \leq U \leq 2$	4-3
C	$2 \leq U \leq 2.5$	4-3
D	$2.5 \leq U \leq 2.7$	4-3
E	$2.7 \leq U \leq 3$	4-3
F	$3 \leq U \leq 3.5$	4-3
G	$U \geq 3.5$	1-2

Foto 6.6.

Una ventana con su capialzado es considerada de alta eficiencia energética cuando su clase es A.

Esto implica que su coeficiente de transmisión térmica U es igual o inferior a 1,5 W/m²K y su permeabilidad al aire es igual a la Clase 4.

Esta etiqueta no es de obligado cumplimiento, pero determina y define mejor a aquellos fabricantes que quieren demostrar la calidad del producto que está vendiendo en el mercado.

### 6.5.3. Certificación AENOR

Siendo puristas y si en el mercado no hubiesen malas artes, no sería necesaria una certificación externa para garantizar que los valores que los fabricantes declaran en las etiquetas del mercado CE y/o etiqueta energética.



Foto 6.7.





## Guía de Ventanas Eficientes y Sistemas de regulación y control solar

La certificación AENOR sobre ventana y/o los elementos que la complementan, viene a responder y garantizar que se cumplan los controles de producción en fábrica y ensayos iniciales de tipo que nos determinan las características y valores conseguidos en las ventanas y capialzados que se comercializan.

La certificación de productos AENOR no es de carácter obligatorio para los fabricantes de ventanas y capialzados, pero al igual que la Etiqueta Energética, define a aquellos fabricantes que no sólo fabrican con calidad y con productos de calidad, sino también quieren demostrar al mercado por mediación de auditorías externas que están cumpliendo con todos los requisitos de control definidos para esos productos.

# 7

## HERRAJES



A lo largo de este capítulo se profundizará sobre el herraje aplicado a la ventana. Se consideran herraje para ventanas el conjunto de piezas metálicas que unen las hojas a los cercos manteniendo la estanqueidad, resisten los esfuerzos del viento y permiten la apertura de la ventana, absorbiendo los esfuerzos de maniobra. Existen diversas tipologías de herrajes según los diferentes tipos de apertura. Cada tipo de apertura tiene sus características. Este capítulo se centrará en el análisis del herraje para ventanas oscilo-batientes, por ser uno de los más comunes y que mejor se comporta desde el punto de vista de la eficiencia energética. No obstante, se enumerarán los distintos tipos de aperturas.

### 7.1. TIPOS DE HERRAJE SEGÚN APERTURA

#### 7.1.1. Ventana practicable

Ventana abatible o practicable: Las hojas giran en torno a un eje vertical por medio de bisagras e invaden un área que debe estar despejada para poder abrirse.

#### 7.1.2. Ventana abatible

Son aquellas que se abren inclinándose ligeramente de arriba a abajo hacia el interior. Las hojas giran en torno a un eje horizontal por medio de bisagras, pero a diferencia de las practicables, su apertura total no es posible, por lo que no permiten asomarse.

#### 7.1.3. Ventana oscilobatiente

Se denominan ventanas oscilobatientes a las ventanas que tienen dos posibilidades de eje de giro para su apertura, uno vertical y otro hori-



zontal, de forma que desde la misma manilla se puede optar por abrir en una forma u otra con un simple giro. Es decir, que al tradicional sistema de apertura practicable con giro sobre el eje vertical, se le ha agregado una funcionalidad abatible, que nos permite configurar la apertura de cada ventana de dos formas: superior y lateral, lo que posibilita escoger el tipo de ventilación. La apertura superior se efectúa por medio de compases que sujetan la hoja en posición de ventilación.

#### **7.1.4. Ventanas correderas en línea**

Las hojas se deslizan en el mismo plano de la ventana mediante unos rodamientos en su parte inferior. Tienen la ventaja de que las hojas no sobresalen de plano total de la ventana en ningún momento. Por su contra, las prestaciones de este tipo de ventana son menores a las anteriores debido a su cierre y sistema de estanqueidad.

#### **7.1.5. Ventanas correderas oscilo-parallelas**

Combinan la funcionalidad de las correderas en línea y el sistema de cierre de las oscilobatientes. Este tipo de ventanas, primero se abre en forma abatible sujetándose por medio de unos compases para luego desengancharse de la parte inferior y correr paralelamente a la ventana por un sistema de carros incorporados en la parte inferior. Se pueden hacer huecos más grandes que con los sistemas anteriores y su comportamiento en cuanto al cierre y estanqueidad es similar a la de una ventana oscilobatiente.

#### **7.1.6. Ventanas correderas elevadoras**

Este tipo de ventanas, al igual que las correderas en línea, se deslizan por un carril situado en el marco inferior y un sistema de carros situados en la hoja por lo que no sobresalen del plano de la ventana, no ocupando así parte del habitáculo. A diferencia de las correderas en línea, éstas poseen un sistema de juntas el cual proporciona gran estanqueidad. Mediante este tipo de cerramiento se pueden fabricar hojas de grandes dimensiones y hacer que todas ellas corran hacia un lado, permitiendo así crear huecos de grandes dimensiones.

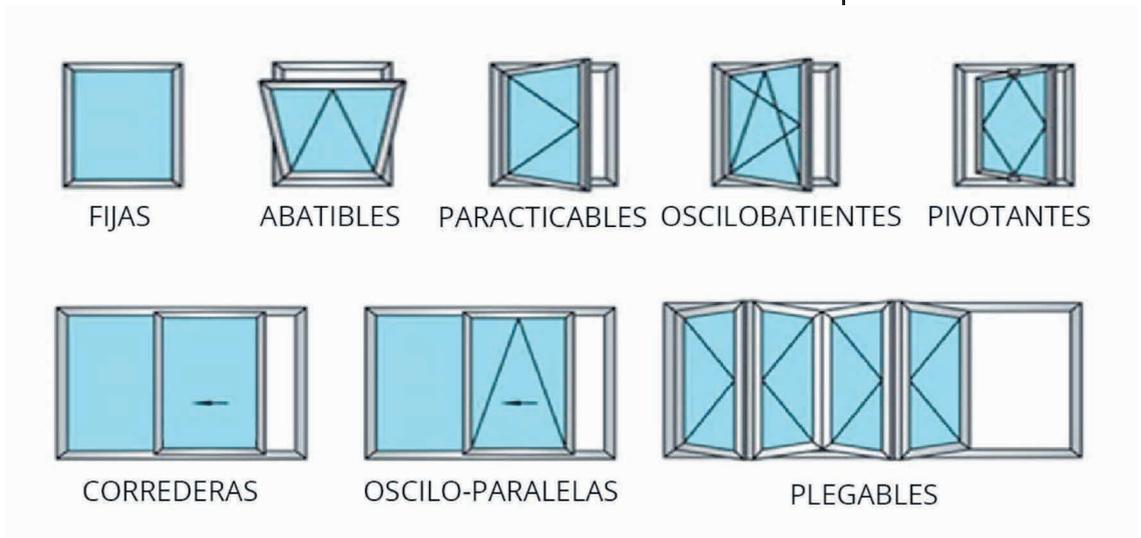


### 7.1.7. Ventanas correderas plegables

Este tipo de ventanas, permite la apertura total del vano. El sistema de herraje permite que las hojas se vayan plegando y deslizando por un carril de rodadura hasta quedar todas plegadas. Se pueden fabricar distintas composiciones de número de hojas móviles, por lo que también pueden conseguirse espacios de grandes dimensiones.

### 7.1.8. Ventanas pivotantes

Las ventanas pivotantes pueden ser tanto de eje vertical como de eje horizontal. Estos pivotes permiten una apertura completa de 180° por lo que su limpieza es muy sencilla. Además este tipo de apertura permite una óptima ventilación. Sus prestaciones en cuanto a niveles de estanqueidad también son buenos.



**Figura 7.1.** Principales modelos de herraje según tipo de apertura

## 7.2. EL HERRAJE OSCILO-BATIENTE

Como ya se ha mencionado en el apartado anterior, el herraje de ventana oscilobatiente es aquel que permite la apertura de la hoja tanto el plano vertical como el plano horizontal. Su principal ventaja es que combina el sistema de apertura practicable, que facilita la limpieza de la hoja, y el sistema de apertura abatible, que permite



una buena ventilación sin necesidad de tener la ventana en posición abierta. Además, es uno de los sistemas más eficientes debido a su cierre por presión de la hoja contra el marco.



**Figura 7.2.** Posiciones de la ventana en modo practicable y abatible

### **7.2.1. Tipos de herraje oscilobatiente**

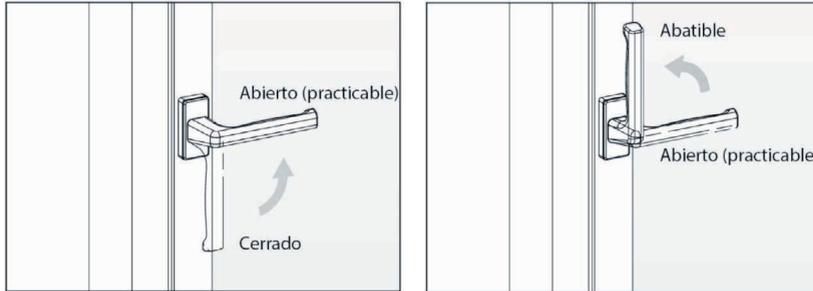
Principalmente existen dos tipos de herraje para la ventana oscilobatiente. El herraje de canal de 16 milímetros, comúnmente usado en carpinterías de madera, PVC, y últimamente también incorporado a las carpinterías de aluminio, y el herraje de cámara europea, el cual es usado mayormente en carpinterías de aluminio.

La principal diferencia entre ambos herrajes es que en la cámara europea las distintas piezas del herraje son unidas entre sí mediante pletinas de poliamida o aluminio, y las piezas tienen siempre la misma medida, mientras que en los herrajes para canal de 16 milímetros las piezas del herraje tienen distinta medida en función de la medida de la ventana.

### **7.2.2. Funcionamiento del herraje oscilobatiente**

El accionamiento del herraje es el que permite la apertura y cierre de las hojas y este accionamiento se hace a través de la manilla. Cuando la ventana está en posición cerrada, la manilla está en posición vertical mirando hacia abajo. Para abrir la hoja en posición practica-

ble, se debe girar la manilla 90° hasta colocarla en posición horizontal hacia el lado de las bisagras. Para abrir la hoja en posición abatible, se debe colocar la manilla en posición vertical mirando hacia arriba.



**Figura 7.3.** Posiciones de la manilla para el accionamiento del herraje

El Código Técnico de la Edificación en su Documento Básico de Salubridad (DB-HS) indica que las viviendas deben disponer de un sistema general de ventilación y han de estar dotadas de aberturas de admisión que garanticen la circulación del aire para poder asegurar la calidad interior del mismo.

Por este motivo, se permite que dicha ventilación se realice a través del herraje mediante la denominada Microventilación. Esta Microventilación es una posición intermedia del herraje entre la posición de cerrado y la posición de abatible, lo que permite que la hoja se separe mínimamente del marco asegurando una ventilación continuada de la ventana siempre que esté colocada en dicha posición. Para ello se debe colocar la manilla en una posición de 45° desde la posición horizontal de abierto.

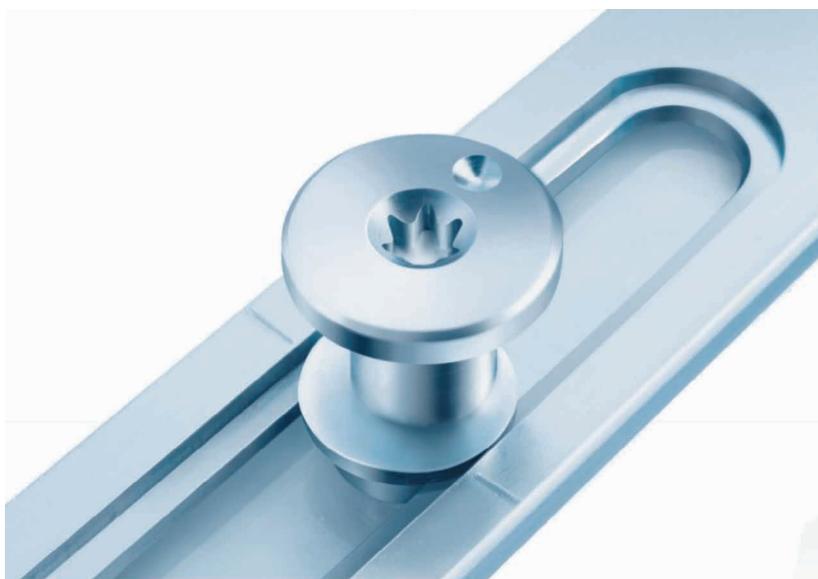


**Figura 7.4.** Posición de la manilla en posición de Microventilación





El cierre de las hojas se hace mediante el encuentro de los bulones de la hoja con los cerraderos situados en el marco de la ventana. Al accionar la manilla, ésta mueve los bulones los cuales entran o salen de los cerraderos.



**Figura 7.5.** Bulón de seguridad autoajustable

Principalmente, existen dos tipos de bulones de cierre. Los macizos, con forma totalmente cilíndrica y los fungiformes (forma de seta) o de seguridad. Éstos últimos ofrecen un mayor grado de seguridad siempre que sean combinados con los cerraderos de seguridad correspondientes en el marco. Además los bulones de cierre pueden ser fijos o ajustables. El que los bulones de cierre sean ajustables permite corregir tolerancias entre hoja y marco y hacen que el funcionamiento del herraje sea más suave.

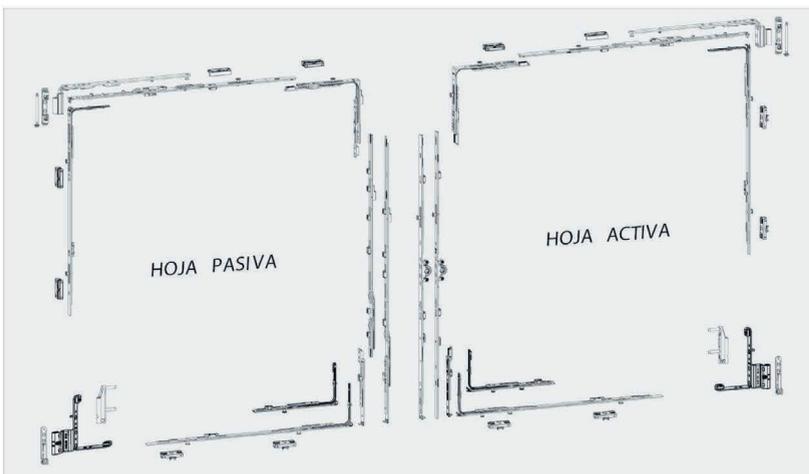
En cuanto a los cerraderos de marco, éstos son los que permiten que el bulón de cierre haga tope contra el marco y mantenga la hoja de la ventana en posición cerrada. Existen diversos tipos dependiendo de su forma y del material con el que estén fabricados. Además de proporcionar estanqueidad en el cierre, también ofrecen seguridad. Los cerraderos de seguridad de acero dificultan el intento de intrusión por medio de apalancamiento entre hoja y marco.



**Figura 7.6.** Cerradero estándar, cerradero de seguridad en Zamak y cerradero de seguridad en Acero.

Las ventanas oscilobatientes pueden ser tanto de una hoja como de dos hojas, permitiendo la apertura de ambas. Cuando la ventana es de dos hojas, la hoja que posee la manilla se denomina hoja activa, siendo ésta la que primero se abre. Con la hoja activa abierta, se puede abrir la segunda hoja, denominada hoja pasiva.

Existen diversas formas de accionar el herraje de la hoja pasiva. Antiguamente, las hojas pasivas no solían llevar más herraje que las bisagras que permitían el giro para apertura y cierre. Con el paso del tiempo, los herrajes han ido evolucionando y hoy en día pueden darse diversos modelos de herraje para la hoja pasiva. Desde clicks retenedores, que solamente mantienen la hoja sujeta al marco, pasadores que dan puntos de cierre, hasta palancas de rebajo que permiten un cierre de hoja pasiva perimetral, al igual que la hoja activa. Desde el punto de vista de la eficiencia energética el cierre perimetral de ambas hojas es el mejor sistema de cierre. Cuanto mayor número de puntos de cierre, más eficiente será la ventana ya que su cierre será más hermético, no permitiendo así el paso del aire ni del agua.



**Figura 7.7.** Esquema de herraje para dos hojas con sistema de cierre perimetral.





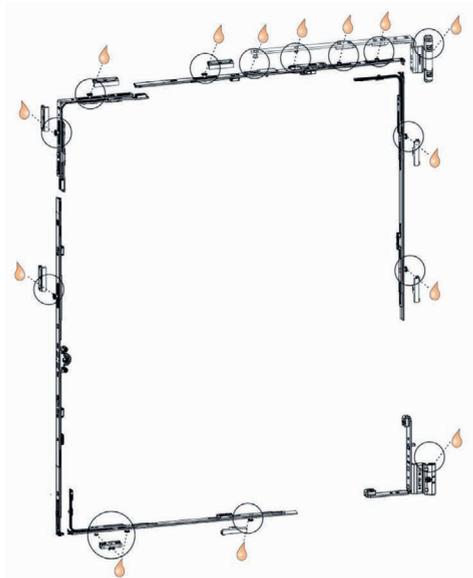
### 7.2.3. Mantenimiento y cuidado de los herrajes

Un herraje es una pieza mecánica sometida por lo tanto a esfuerzos mecánicos. Por ello, todas las ventanas sufren, como el resto de elementos de una obra, un desgaste normal producido por el uso continuado. Por ello, la suavidad del deslizamiento y la duración de la ventana, dependerán sobre todo de su cuidado. Además del desgaste mecánico producido por el paso del tiempo, los herrajes, como piezas metálicas que son, están expuestos a las inclemencias ambientales, por lo cual, para su correcta conservación, será necesario cuidarse también de los posibles daños que la corrosión pudiera causar en los herrajes. Por todas las razones expuestas, para el correcto funcionamiento y mantenimiento del herraje, es necesario un mínimo cuidado por parte del usuario final.

#### A. Mantenimiento mecánico

El mantenimiento mecánico es aconsejable al menos una vez al año, constando de las siguientes operaciones.

- Limpieza y engrase de piezas móviles (indicadas en ilustración).
- Usar lubricante (aceite de vaselina).
- Comprobación del ajuste de los tornillos de la manilla.





## B. Mantenimiento anticorrosión.

Para este mantenimiento, se aconseja rociar el herraje con sprays anti-corrosivos, los cuales forman una fina película en la superficie de los herrajes impidiendo que la niebla salina penetre en éstos.

Existen variantes de herraje con tratamientos y acabados especiales con los que es posible alcanzar un mayor número de horas de resistencia a la corrosión.

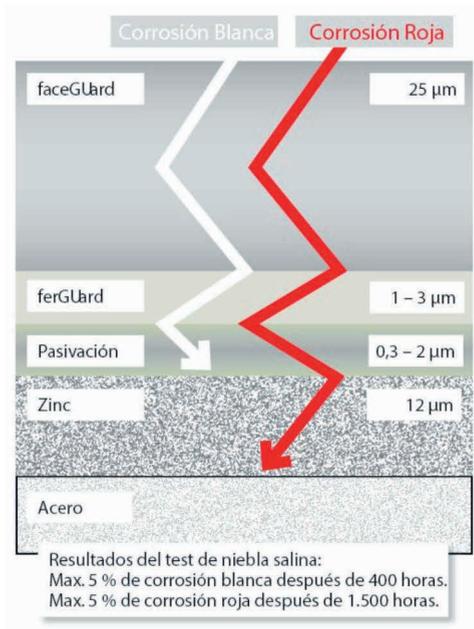


Figura 7.9. Ejemplo de tratamiento de superficie reforzado

### 7.2.4. Regulación de los herrajes

Los herrajes oscilobatientes tienen posibilidad de ser regulados. Con el paso de tiempo, con el uso y el propio peso de las hojas de ventana, los herrajes pueden desajustarse, haciendo que no funcionen de forma óptima. Para ello, éstos disponen de mecanismos de regulación que permiten mover la hoja en tres dimensiones, en el plano horizontal, el plano vertical y en presión para regular el apriete de la hoja sobre el marco.

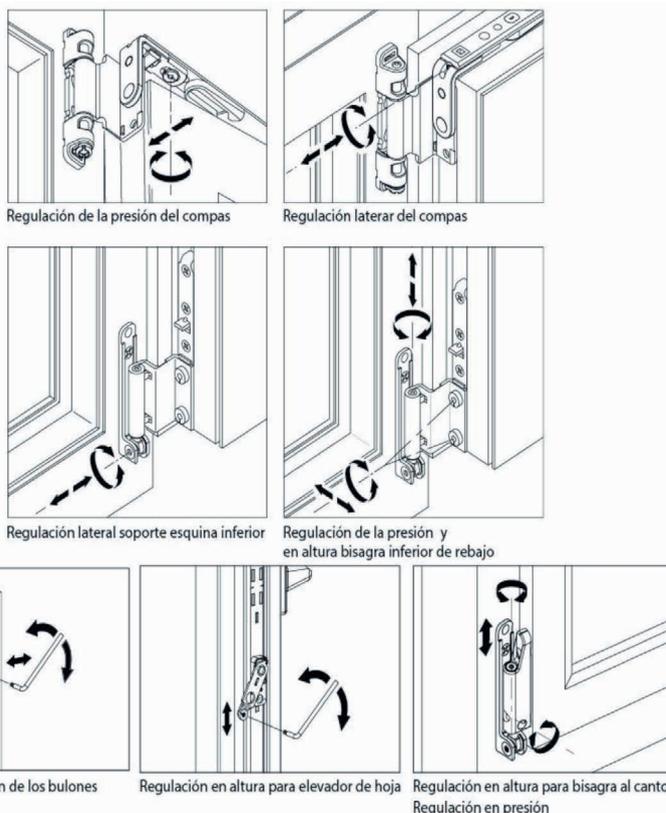


Figura 7.10. Regulación de herraje oscilobatiente

### 7.2.5. Normativa relativa a los herrajes

En el caso de las normas de herrajes para ventanas se engloban dentro de la serie de normas EN 13126 «Herrajes para la edificación», que consta de varias partes y que permite el ensayo de componentes o conjuntos de herraje. En las normas se contemplan los herrajes que permiten conectar una hoja móvil a su marco fijo o que controlan la apertura y cierre de la hoja móvil.

En la primera parte de esta norma se especifican los requisitos comunes a todos los tipos de herrajes. La norma especifica los requisitos de prestaciones para la resistencia y durabilidad de los herrajes destinados al funcionamiento de hojas móviles de ventanas y balconeras incluyendo requisitos y métodos de ensayo comunes a todos los herrajes. Esta norma es aplicable a cualquiera que sea el material de fabricación de la ventana.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
-	5	100	0	1	4	-	8	1000x2300

**Tabla 7.1.** Ejemplo de clasificación de herraje oscilobatiente según EN 13126

<b>Dígito 1</b>	categoría de uso	(sin requisitos)
<b>Dígito 2</b>	durabilidad	grado 5 (25.000 ciclos)
<b>Dígito 3</b>	masa	100kg
<b>Dígito 4</b>	resistencia al fuego	grado 0 (sin requisitos)
<b>Dígito 5</b>	seguridad de las personas	grado 1
<b>Dígito 6</b>	resistencia a la corrosión	grado 4 (240horas)
<b>Dígito 7</b>	seguridad	(sin requisitos)
<b>Dígito 8</b>	parte aplicable	ensayado de acuerdo a esta norma europea
<b>Dígito 9</b>	dimensiones del ensayo	1000mm x 2300mm (dimensiones de la hoja)

El dígito 6 correspondiente a esta Tabla 7.1 de clasificación de herraje hace referencia a la resistencia a la corrosión. Esta parte de la clasificación es regulada por otra norma, la «EN 1670:2007. Herrajes para la edificación. Resistencia a la corrosión».

Dicha norma especifica los requisitos de la resistencia a la corrosión de los herrajes para puertas, ventanas, persianas y fachadas ligeras. Esta norma proporciona un método de clasificación de la resistencia a la corrosión de herrajes de edificación basado en el comportamiento al ensayo de niebla salina (Norma Europea EN ISO 9227).





# 8

## SELLADO DE VENTANAS



### 8.1. RESUMEN EJECUTIVO

En la instalación correcta de la ventana, influye tanto la elección de los productos adecuados como la ejecución minuciosa, y en general, el sellado óptimo de todas las juntas y uniones. Esto cobra especial importancia para poder garantizar el cumplimiento de las crecientes exigencias europeas de eficiencia energética, mantener las altas especificaciones del conjunto marco-vidrio y garantizar un confort real al usuario final. La filosofía es evitar los puentes térmicos y maximizar la estanqueidad, lo que requiere una ventilación adecuada y la evacuación de vapor.

Los diferentes elementos del sistema se ubican en tres capas:

- Aislamiento térmico (y acústico) duradero en el medio.
- Estanqueidad al aire y barrera contra la difusión de vapor en el interior.
- Estanqueidad al aire y al agua y abierta a la difusión de vapor en el exterior.

Los fabricantes aportan productos avanzados fruto de muchas inversiones en I+D, que permiten obtener las prestaciones requeridas. Por otro lado, las autoridades deben fijar el marco legal y las exigencias técnicas para dirigir el mercado hacia mayores exigencias, así como proveer los mecanismos de control y penalizaciones en caso de incumplimiento.

El CTE y los programas de cálculo del cumplimiento con la eficiencia energética y la calificación energética deben incorporar los paráme-



tros que permitan introducir valores optimizados para los puentes térmicos y la estanqueidad de los elementos de sellado. Asimismo, los arquitectos deben prescribir los elementos concretos para poder lograr los objetivos anteriores y los aparejadores y jefes de obra velar por su instalación de la mano de profesionales cualificados. Así se creará un mercado de rehabilitación de alto valor añadido, generando puestos de trabajo y aumentando a la vez la calidad de vida del consumidor final.

## **8.2. ¿POR QUÉ ES TAN IMPORTANTE EL SELLADO DEL HUECO DE LA VENTANA?**

### **8.2.1. Contexto – Legislación**

#### ***EPB - Eficiencia Energética de los edificios.***

La eficiencia energética de los edificios se basa en la legislación europea, en particular en la directiva original 2002/91/CE, también llamada la EPBD. Esta directiva está en línea con los «Objetivos 20-20-20» de la Unión Europea: reducir las emisiones de gases de CO<sub>2</sub> en un 20%, reducir el consumo energético en un 20% y aumentar la cuota de las energías renovables en un 20% (año de referencia: 1990).

Otras consideraciones también juegan un papel importante, como la menor dependencia de fuentes de energía no europeas. El tema de la energía renovable se desarrolla con mayor detalle en la Directiva Europea 2009/28/CE; un porcentaje mínimo de energía renovable también se introduce lentamente en los requisitos de eficiencia energética de los nuevos edificios. Debido a que la trayectoria de implantación no podía garantizar una reducción del 20% en el consumo de energía para el año 2020, Europa creó la directiva 2012/27/CE de 2012. Esta directiva cubre el tema general «eficiencia energética» y entró en vigor en diciembre de 2012. Afecta principalmente a viviendas y edificios existentes. En España, la Directiva se traspone a través en el Documento Básico Ahorro de Energía (DB-HE) del Código Técnico de la Edificación (CTE), y el Reglamento de Instalaciones Técnicas en los Edificios (RITE), también por la Ley de Economía Sostenible. España aplicó la EPBD 2002 en lo relativo a certificación de edificios nuevos con el procedimiento básico para la certificación de eficiencia ener-

gética de edificios de nueva construcción. En noviembre de 2011 la Comisión Europea llevó al Tribunal Europeo de Justicia la inexistencia en España de regulación para la certificación de edificios existentes, y una serie de defectos de aplicación de la Directiva respecto a las inspecciones en calderas. Superado ampliamente el plazo de transposición, se publicó finalmente el «Procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios».



### ***EECN - Edificio de consumo de Energía Casi Nulo***

La refundición de la Directiva sobre eficiencia energética (2010/31/CE) incluye no sólo los requisitos más estrictos para los edificios nuevos y renovaciones, y un papel más importante para el certificado de eficiencia energética, sino también la introducción del concepto EECN (Edificio de consumo de Energía Casi Nulo). La descripción de la refundición fue: «Un edificio con unas prestaciones energéticas muy altas, tal como se establece en el Apéndice I. La casi nula o muy baja cantidad de energía requerida debería estar cubierta de forma muy significativa por la energía procedente de fuentes renovables, incluida la energía a partir de fuentes renovables producida en el lugar o en sus cercanías». A partir de 2021, este será el estándar para todas las casas de nueva construcción en el conjunto de Europa.

### ***Eficiencia Energética en los próximos años***

En el período previo a 2021, el requisito de eficiencia energética para los nuevos edificios se convertirá gradualmente más estricto. El objetivo final es la transferencia a EECN al principio de 2021 y para edificios públicos esto ya será aplicable a partir del 2019. Al mismo tiempo, una parte obligatoria cada vez más grande de las energías renovables tendrá que hacerse realidad. Como esta legislación Europea se ha establecido en una directiva, los estados miembro tendrán que convertir esta política europea en legislación nacional e integrarlo en las políticas energéticas locales.

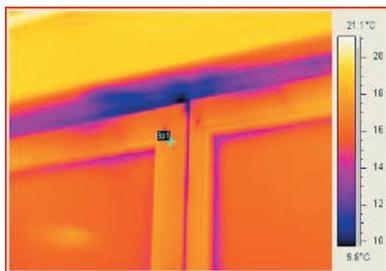
La transposición de la obligación de que todos los edificios construidos desde el 31 de diciembre de 2020 (2018 para los ocupados y de titularidad pública) sean edificios de consumo de energía casi nulo, y la determinación de que los requisitos a satisfacer serán los que en ese momento determine el Código Técnico de la Edificación, se realizó a

través de la Disposición Adicional Segunda del Real Decreto 235/2013, (Procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios, ya mencionado).

### **DB-HS: Exigencias básicas de salubridad**

Los sellados del edificio afectan también a otra parte importante del CTE, el DB-HS, y en particular la Exigencia básica HS-1: Protección frente a la humedad. Se limitará el riesgo previsible de presencia inadecuada de agua o humedad en el interior de los edificios y en sus cerramientos como consecuencia del agua procedente de precipitaciones atmosféricas, de escorrentías, del terreno o de condensaciones, disponiendo medios que impidan su penetración o, en su caso permitan su evacuación sin producción de daños. Tiene en cuenta las condensaciones en superficie interior provocadas por puentes térmicos e infiltraciones.

#### **8.2.2. Puentes térmicos y prestaciones térmicas**



**Figura 8.1.** Entrada de frío.



**Figura 8.2.** Salida de calor.

La norma UNE-EN ISO 10211 define puente térmico como aquella parte del cerramiento de un edificio donde la resistencia térmica normalmente uniforme cambia significativamente debido a:

- Penetraciones completas o parciales en el cerramiento de un edificio, de materiales con diferente conductividad térmica.
- Un cambio en el espesor de la fábrica.
- Una diferencia entre las áreas internas o externas, tales como juntas entre paredes, suelos, o techos.

Además del efecto en la demanda energética del edificio, los puentes térmicos son partes sensibles de los edificios al aumentar en ellos el riesgo de formación de mohos por condensaciones superficiales debidas a la disminución de la temperatura de las superficies interiores (en condiciones de invierno).

Con la entrada en vigor del Código Técnico de la Edificación y particularmente con la reciente modificación de la exigencia básica HE-1 «Limitación de la demanda energética» y la publicación del nuevo DA DB-HE-3 «Puentes térmicos», toma particular importancia el tratamiento adecuado de los puentes térmicos para limitar las pérdidas o ganancias de calor y reducir el riesgo de condensaciones superficiales e intersticiales en los mismos.

Es por tanto una necesidad el poder determinar los valores que caracterizan a un puente térmico:

- Transmitancia térmica lineal,  $\Psi$ , para cuantificar las pérdidas de energía que se producen a través de él (W/mK)
- Factor de temperatura superficial interior,  $F_{rsi}$ , para poder evaluar el riesgo de condensaciones [-]

El proyectista puede tomar valores cualitativos, para verificar el cumplimiento del DB HE-1, del Catálogo de Elementos Constructivos e incluso valores aproximados aportados por la norma UNE-EN-ISO 14683 o de prontuarios de puentes térmicos; pero dichos valores son conservadores y por tanto inexactos.

Para analizar el comportamiento térmico de las juntas de construcción, en su mayoría se utilizan métodos de cálculo numéricos para la transmisión de calor en dos o tres dimensiones. Estos valores pueden determinarse correctamente mediante cálculos numéricos de acuerdo con las hipótesis de cálculo descritas en la norma UNE-EN ISO 10211:2007 «Puentes térmicos en edificación. Flujo de calor y temperaturas superficiales. Cálculos detallados» aprobada en Abril de 2012. Según esta norma, las pérdidas de calor a través de los puentes térmicos pueden suponer entre un 24% y un 28% de las pérdidas totales.

### **A. Factor de temperatura superficial interior, $F_{rsi}$**

El factor de temperatura  $F_{rsi}$  es un indicador de la temperatura de la superficie interior  $\theta_{si}$  más baja de una junta particular. Es una tem-





peratura adimensional que describe la temperatura de la superficie interior independientemente de las condiciones de contorno exactas, con un valor entre 0 y 1. Los elementos de construcción deben asegurar que el riesgo de aparición de moho local y condensación en la superficie interior siga siendo limitado. Para las juntas de carpintería exterior es, sin embargo, de menor importancia, debido a que la temperatura de la superficie se determina principalmente por el rendimiento de la carpintería.

### **B. Coeficiente lineal de transmisión térmica**

La influencia de la transmisión de calor en dos dimensiones se expresa mediante el coeficiente lineal  $\Psi$  de transmisión de calor (en W/m/K). Este valor  $\Psi$  muestra el grado de pérdida de calor adicional por metro lineal del conjunto y por grado de diferencia de temperatura en comparación con una referencia de una sola dimensión, donde la parte real es representada por una cadena de piezas planas con una superficie  $A$  conocido y un valor  $U$  conocido. El acuerdo sobre la referencia unidimensional y la definición de las dimensiones de un elemento estructural (medido en el exterior o en el interior), es importante aquí. El valor  $\Psi$  de una junta debe interpretarse con cuidado. Un puente térmico con un valor  $\Psi$  más alto que otro puente térmico no está necesariamente peor diseñado. El valor  $\Psi$  debe interpretarse, en base a la definición, como un factor de corrección de las pérdidas de transmisión 1D, mediante el cual los aspectos geométricos, así como la influencia de la transmisión de calor en 2D y 3D juegan un papel.

### **C. Cálculos en EPB.**

El DB-HE/3 «Puentes térmicos» describe tres formas de incluir los puentes térmicos en el cálculo EPB:

- Opción A: Método detallado en 3 dimensiones de todos los puentes térmicos.
- Opción B: Método detallado en 2 dimensiones recurriendo a catálogos o atlas de detalles tipo con valores pre-calculados («Catálogo de elementos constructivos»).
- Opción C: Métodos simplificados con estimación de los valores  $\Psi$  o  $L$ , o con factor corrector de  $U$ .



El incremento debido a los puentes térmicos en la  $U_m$  es:

$$\Delta U_{PT} = \frac{\sum (\Psi_i L_i)}{\sum A_i}$$

Esta expresión permite integrar el efecto de los puentes térmicos en el valor de la transmitancia térmica unidimensional y es la formulación que se adoptó en el Documento Básico DB-HE «Ahorro de Energía» del año 2006 para incluir el efecto de los puentes térmicos integrados.

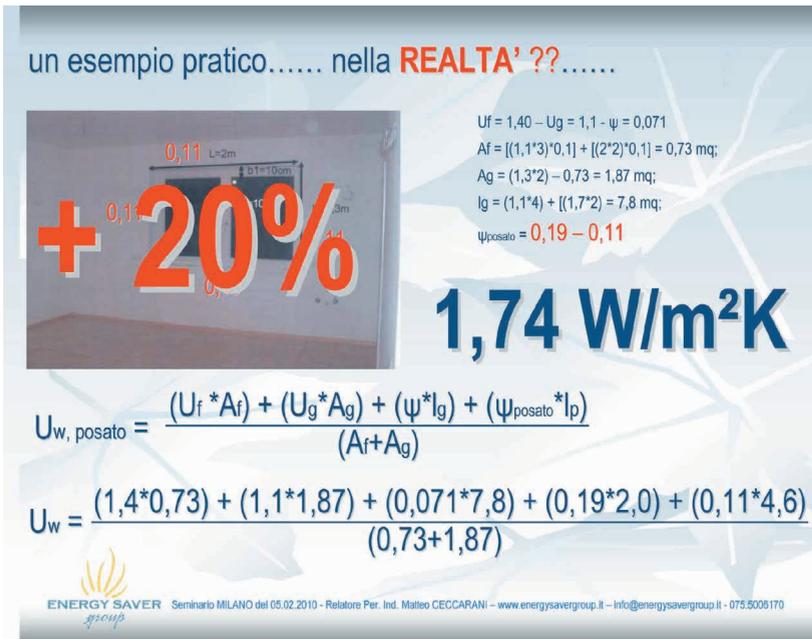


Figura 8.3. Cálculo concreto vía valor U modificado.

### 8.2.3. Estanqueidad al aire

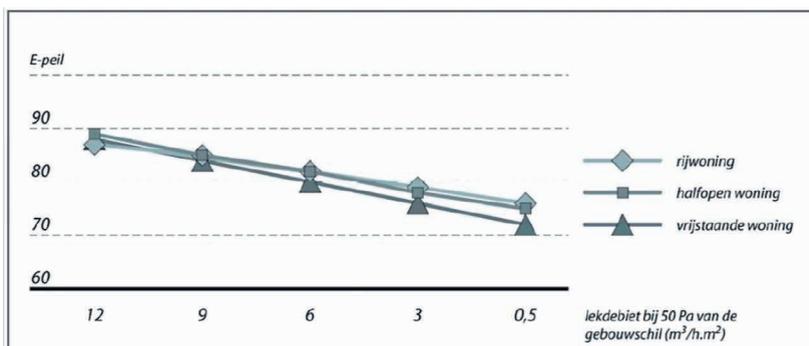
Será evidente que se ha convertido gradualmente muy difícil cumplir con los requisitos del EPB sin prestar atención a la hermeticidad (o estanqueidad al aire). Lo cual es lógico, ya que las pérdidas no controladas de ventilación son la razón de una cantidad importante de pérdida de calor, corrientes de aire, mala acústica y problemas de humedad o condensación. La buena hermeticidad y una envolvente de construcción de alta calidad van de la mano. Además, buena hermeticidad es uno de las formas más económicas de mejorar la eficiencia energética de un edificio.



Con una inversión muy limitada se puede obtener un gran impacto en el valor de la calificación energética (E): la atención a la estanqueidad al aire al construir una casa (por ejemplo, una filtración de 2 a 3 m<sup>3</sup> por hora por m<sup>2</sup>) puede resultar en una reducción del valor E entre 5 y 15 puntos. Esto se mide por medio de una prueba de estanqueidad al aire (Blower Door) que se explica en el capítulo 11 de esta Guía. La demanda neta de energía también disminuirá sustancialmente.

Esta prueba de hermeticidad también está regulada y su método de trabajo figura en la norma europea EN13829 (método A o B). El caudal de filtraciones se mide con depresión y sobrepresión; el resultado de la medición es el flujo de filtraciones a una diferencia de presión de 50 Pa entre el interior y el exterior. A fin de lograr mediciones precisas, muchos países han puesto en marcha un marco de calidad para los probadores. Las juntas ventana-pared son de crucial importancia: un estudio de 9 métodos de evaluación de estanqueidad al aire diferentes muestran una gran variación en la estanqueidad de las juntas de pared a la carpintería. Esto varía entre 0,01 m<sup>3</sup>/h/m (AIVC) a 10,2 m<sup>3</sup>/h/m (ASHRAE), un factor de 1000 de diferencia.

Una mala ejecución representa aproximadamente el 15% de la pérdida total del aire en una vivienda unifamiliar media. Las regulaciones EPB conceden por lo tanto gran importancia a la estanqueidad de los edificios: el siguiente diagrama muestra el efecto de hermeticidad en el valor E (clasificación global energética).



Involed van de luchtdichtheid op het E-peil bij de drie voorbeeldwoningen.

Figura 8.4. Relación valor E – estanqueidad.



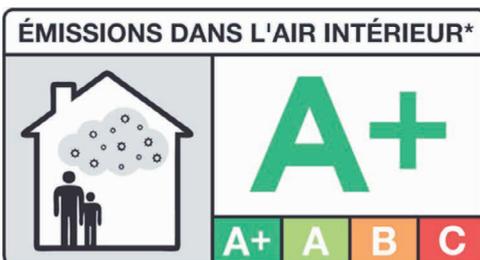
## DB-HS: Exigencias básicas de salubridad (HS)

Las infiltraciones de aire y de agua también deben ser controladas por otros motivos además de sus efectos nocivos sobre el aislamiento térmico de un edificio. El Documento Básico «DB HS Salubridad» especifica parámetros objetivos y procedimientos cuyo cumplimiento asegura la satisfacción de las exigencias básicas y la superación de los niveles mínimos de calidad propios del requisito básico de salubridad, en particular la Exigencia básica HS-1: Protección frente a la humedad.

Se limitará el riesgo previsible de presencia inadecuada de agua o humedad en el interior de los edificios y en sus cerramientos como consecuencia del agua procedente de precipitaciones atmosféricas, de escorrentías, del terreno o de condensaciones, disponiendo medios que impidan su penetración o, en su caso permitan su evacuación sin producción de daños.

Dentro de este capítulo hay que hacer mención a las normas sobre **Emisión de Componentes Orgánicos Volátiles (COV)**, que están presentes en la mayoría de los sellantes.

- La calidad del aire interior es cada vez más importante, con niveles crecientes de estanqueidad al aire de las casas
- Sostenibilidad: Leed, Breeam, ... (piden el contenido en COV)
- Francia: etiquetado obligatorio de clases de emisión  
 Todos los productos de construcción utilizados en interiores  
 Clase más alta: A+  
 Medido después de 28 días: beneficia a productos con un alto contenido de solventes.
- Alemania: Emissioncode – voluntario  
 GEV: origen: adhesivos para suelos  
 EC1(R), EC1 Plus: clases más altas  
 Medido después de 10 días o 3/28 días  
 Más difícil de lograr



### 8.2.4. Resumen: Importancia del sellado de los huecos



Figura 8.5. Flujos de energía en vivienda unifamiliar.

#### **A. Dos Elementos clave a considerar para nueva edificación o rehabilitación:**

##### — Puentes térmicos:

Provocan entre 15% y 25% de las pérdidas de energía.

Pueden provocar condensaciones en superficies interiores y la aparición de hongos; este efecto será más fuerte en una casa con mayor estanqueidad al aire.

Disminuyen la sensación de confort del consumidor al alterar la distribución de temperatura en diferentes zonas de la casa.

##### — Estanqueidad al aire:

Entre el 30% - 40% del total de las fugas de aire se sitúan dentro y alrededor de las ventanas.

Pérdida directa de energía: >13% (10kWh/m<sup>2</sup> de superficie de suelo).

Disminución importante del confort del consumidor: polvo, condensación, corrientes de aire, acústica.



Interfiere en el funcionamiento adecuado de los sistemas de ventilación, que son cruciales en el contexto de casas herméticas.

Empeora la Clasificación Energética.

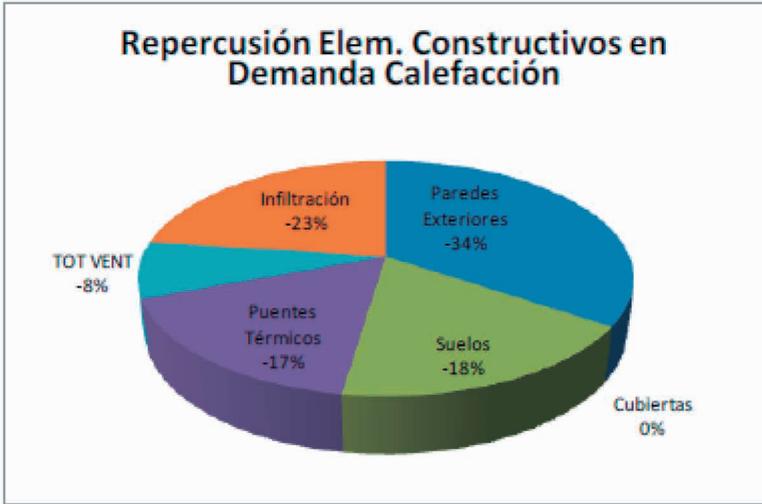


Figura 8.6. Importancia de infiltraciones y puentes térmicos en la demanda de calefacción de una vivienda unifamiliar.

## B. El nuevo paradigma

«Construir herméticamente, Ventilar adecuadamente»

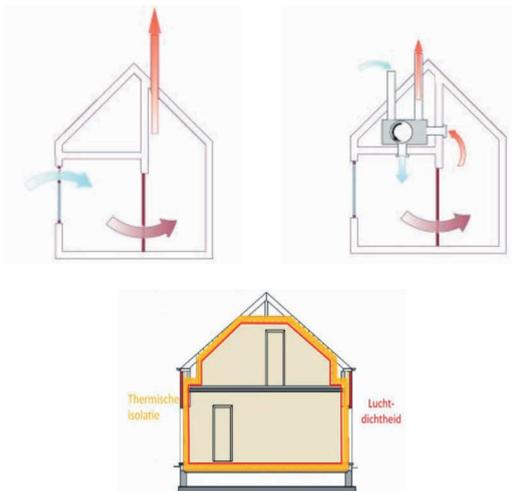


Figura 8.7. Ventilación natural y mecánica con intercambiador de calor.



### 8.3. FUNCIONES DE LOS SELLADOS

En comparación con otros aspectos de la construcción, a las juntas no se le da a menudo la atención que requieren. Las juntas de construcción necesitan planificarse a fondo y son necesarias para compensar la expansión y contracción de los materiales de construcción o para crear tolerancias de montaje. En la práctica sin embargo, el resultado pueden ser juntas con dimensiones irregulares o incluso juntas no planificadas. A continuación se hace un repaso de las diferentes funciones importantes que ejercen los sellados de las juntas y uniones, así como a las diferentes normas aplicables.



#### 8.3.1 Estanqueidad al aire – Permeabilidad al aire

En el contexto de estanqueidad al aire, no sólo se refiere a las juntas (planificadas), sino también a uniones y grietas, que son en su mayoría juntas o interfaces no deseadas o irregulares.

##### **A. Sellantes**

Para productos capaces de sellar las uniones, grietas y juntas, las normas europeas actuales de productos no contienen ninguna o muy pocas especificaciones o requisitos relativos a la estanqueidad al aire. Hay, sin embargo, una norma europea, EN12114, que describe un método de prueba general para medir la permeabilidad al aire de los productos de construcción (en condiciones de laboratorio). El resultado es un valor que indica el flujo de filtraciones por m o m<sup>2</sup>. En el caso de selladores y adhesivos en general, debería ser suficiente la cohesión (que el material no se rompa) y la adherencia (unión con los sustratos) para garantizar la hermeticidad durante un período largo. Para selladores la cohesión está vinculada a la capacidad de movimiento del producto; la adhesión está fuertemente determinada por la preparación y la condición de las superficies.

En pocas palabras: la selección del producto correcto para la aplicación, el debido cuidado a la hora de aplicarlo y la elección de un

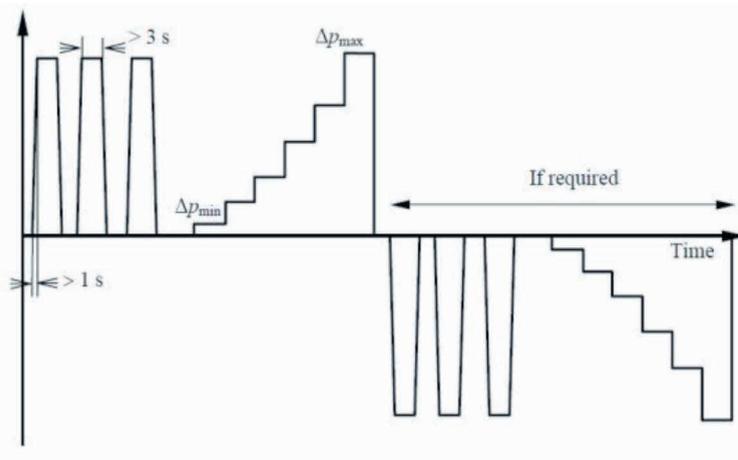


producto de buena calidad siempre conducirán a los mejores resultados.

**Procedimiento EN12114:**

3 pulsaciones y a continuación pasos graduales; tanto presión positiva como negativa.

50 Pa hasta 500 Pa en pasos logarítmicos.



Fachada	 Elementos	Flow at 50 Pa [m³/h/m]						
		depresión	Desv. Abs.	Sobrepresión	Desv. Abs.	Promedio	Clase	Desv. Abs.
Estándar	Caja interior, sin aislamiento	30,90	0,97	35,23	1,11	33,07	C	1,04
	Caja interior, lana mineral	2,61	0,13	3,31	0,15	2,96	C	0,14
	Caja interior, Flexifoam	0,95	0,09	1,59	0,12	1,27	B	0,10
	Caja interior, Flexifoam, Acryrub	0,01	0,06	0,00	0,08	0,00	A	0,07
	Yeso, perfil, Acryrub	0,08	0,03	0,06	0,03	0,07	A	0,03
	Yeso, Membrana interior SWS	0,08	0,03	0,27	0,03	0,18	A	0,03
	Yeso, Membrana exterior SWS	0,08	0,03	0,24	0,03	0,16	A	0,03
Casa Passiva	Yeso, Flexifoam, dry	0,03	0,03	0,00	0,04	0,02	A	0,04

Figura 8.8. Resultados Ensayos Universidad de Gante.  
Fuente: SOUDAL.



Estanqueidad: valor a  $\leq 0,1 \text{ m}^3/\text{h.m}$  a  $10 \text{ Pa}^{2/3}$



**Figura 8.9.** Configuración Ensayos Universidad de Gante.  
Fuente: SOUDAL.

### **B. Ventanas y puertas:**

Tienen el método de ensayo EN 1206 en combinación con la norma EN 12207: clasificación en 4 clases

También se utiliza a veces para sellantes y cintas pre-comprimidas (ver apartado C.)

### **C. Cintas pre-comprimidas:**

Se rigen por el estándar DIN18542.

BG1 y BG2:

$A < 1,0 \text{ m}^3/\text{hm}$  a  $10 \text{ Pa}$        $= \pm 3,0 \text{ m}^3/\text{hm}$  a  $50 \text{ Pa}$

Menos que clase 3 EN 1026 ( $\pm 1,35 \text{ m}^3/\text{hm}$  a  $50 \text{ Pa}$ )

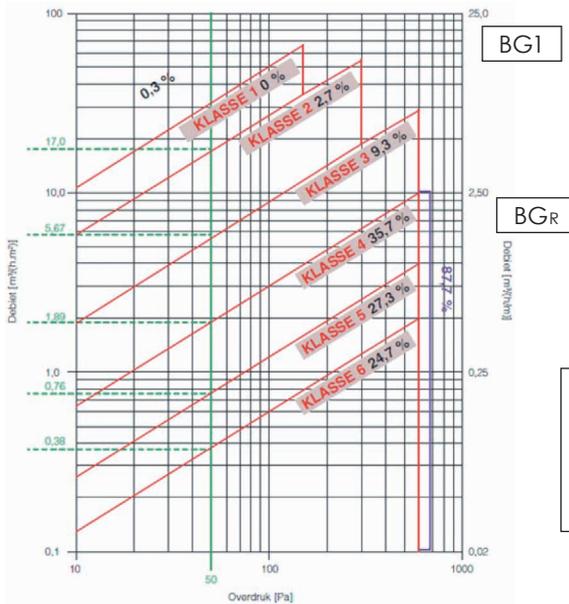
¡¡No muy estanco al aire!!

BGR : estanco al aire

$A < 0,1 \text{ m}^3/\text{hm}$  a  $10 \text{ Pa}$        $= \pm 0,3 \text{ m}^3/\text{hm}$  a  $50 \text{ Pa}$

Mejor que clase 4 EN 1026

Estanco al aire -> =+- estanco al agua



Eje X: sobre-presión en Pa  
 Eje Y (Izq.): caudal en m³/(h.m²)  
 Eje Y (Drcha): caudal transformado en m³/(h.m)

Figura 8.10. Resultados de bandas pre-comprimidas según EN 12207.



### 8.3.2. Aislamiento térmico

Algunos productos, especialmente las espumas de PU para construcción, obtienen muy buena puntuación en términos de aislamiento térmico. El valor lambda ( $\lambda$ ) se utiliza como indicador. En particular, en juntas más anchas, los puentes térmicos deben evitarse. El factor de corrección en 3D en una junta entre 2 superficies aislantes es llamado el valor psi ( $\psi$ ).



### 8.3.3. Resistencia contra la lluvia torrencial

Estos son, de hecho, productos que no son simplemente estancos al agua, pero que pueden también evitar la entrada de agua cuando



## Guía de Ventanas Eficientes y Sistemas de regulación y control solar

se combina con un aumento de la presión (del viento). Esta presión aumenta en proporción a la altura del edificio. Por ejemplo, en un edificio de 50 m de altura, esta presión puede aumentar a 600Pa o más.

### **A. Sellantes permanentemente elásticos**

Como barrera primaria, estos son principalmente los sellantes de juntas adecuados para su uso en fachadas y acristalamientos, que también tienen buena capacidad de movimiento. Se han clasificado de acuerdo con el nuevo marcado CE (norma armonizada EN15651) o la norma EN ISO11600: «F» para fachada, «G» para acristalamiento - capacidad de movimiento 20% o 25%. Como estamos hablando de aplicaciones a la intemperie, estos productos también deben ser resistentes a los rayos UV.

Los sellantes destinados al sellado exterior de ventana – obra, se deben elegir en función del movimiento previsto de la junta. Su capacidad para absorber los movimientos de la junta (con los ciclos de temperatura), determinará su vida útil manteniendo todas sus características.

F-EXT-INT Clase 25LM para movimientos del 25% máx.

### **B. Bandas pre-comprimidas autoexpansivas**

Desde 2010 existe la norma DIN 18542:2009, con 3 categorías:

BG1: estanca a la lluvia torrencial hasta  $\geq 600$  Pa

BG2: estanca a la lluvia torrencial hasta  $\geq 300$  Pa

BGR: estanca al aire



### **8.3.4. Acústica**

Desde hace algún tiempo, existen cada vez requisitos más estrictos en materia de acústica (NBN S 01-400-1), se aplican en muchos paí-



ses. El bienestar del consumidor también pasa por la tranquilidad y el aislamiento acústico. Pero el dicho «una cadena es tan fuerte como su eslabón más débil» ciertamente se aplica a la insonorización. Un material de relleno elástico o una combinación de estos materiales es particularmente adecuado para reducir la transmisión del sonido. Una reducción de la transmisión del sonido en el aire se expresa en un índice de atenuación «R». Según se puede ver a continuación, una pequeña interrupción en el aislamiento periférico tiene un gran impacto negativo en la atenuación acústica.

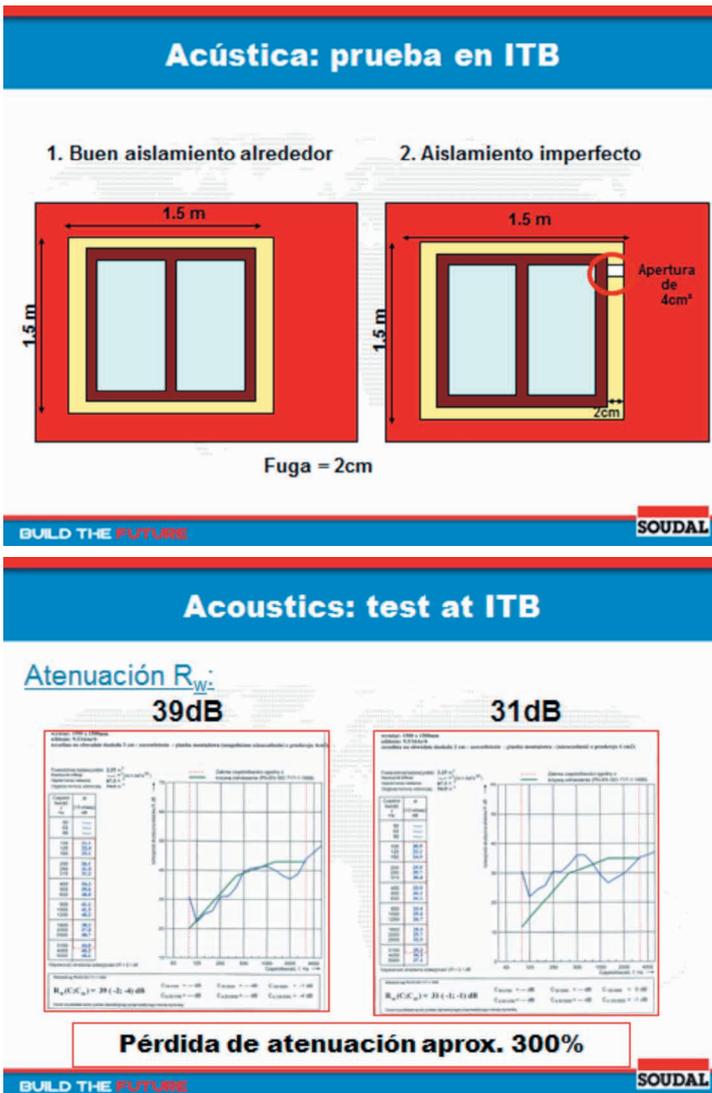


Figura 8.11. Resultado de ensayos ITB.

Fuente: SOUDAL.



### 8.3.5. Control de vapor

La protección contra la humedad y el control de vapor son también temas importantes para un edificio saludable. Por lo tanto, puede ser importante incluir el valor  $\mu$  de una sustancia al sellar juntas o incluso el valor  $S_d$  de un material específico de construcción.

- Característica del material:  $\mu$  (cuanto más alto, más resistencia a la permeabilidad al vapor).
- Elemento de construcción:  $S_d = \text{valor } \mu \times \text{grosor del elemento}$

Aire	1 $\mu$
Bandas pre-comprimidas de nivel BG1/ BG2	< 10 $\mu$
Espuma de PU (Mono-componente – 2K)	25 – 105 $\mu$
Membrana de estanqueidad Exterior (abierta al vapor)	170 $\mu$
Sellante Polímero MS	3.000 $\mu$
Silicona neutral	8.000 $\mu$
Sellante Acrílico de alto nivel	50.000 $\mu$
Cinta de Butyl con membrana	140.000 $\mu$
Membrana de estanqueidad Interior (cerrada al vapor)	3.000.000 $\mu$

Las normas aplicables son:

EN ISO 12572: Comportamiento higrotérmico de los materiales y productos de construcción

EN 1931: Láminas flexibles para impermeabilización

Un elemento de construcción cerrado al vapor también es estanco al aire (pero no al revés).



### 8.3.6. Protección contra el fuego

Las juntas y sellos de penetración son un eslabón importante en el acabado de compartimentos. La compartimentación constituye un elemento esencial de la protección pasiva contra incendios en los edificios. Las normas pertinentes son EN1366-3 para los sellos de penetración y EN1366-4 para las juntas. La resistencia al fuego se expresa en minutos para juntas y sellos de penetración sobre todo en relación con la integridad al fuego y el aislamiento.



### 8.3.7. Protección contra robo

Para la carpintería exterior esta característica se clasifica de acuerdo con EN1627 a EN1630. Los sellantes de acristalamiento elásticos sin duda pueden tener ventajas aquí.



### 8.3.8. Estética

Las juntas, y especialmente el acabado correcto de ellas, pueden contribuir a un aspecto liso, de la parte interior, así como la exterior de un edificio o construcción. La textura y el color del sellante juegan también un papel importante. Los sellantes deben ser seleccionados con criterio para poder mantener durante toda su vida un buen aspecto (sellantes de color RAL, pintables, con alta resistencia a los rayos UV,...).



## **8.4. SELLADO DE VENTANA: ELEMENTOS PARA PRESCRIPTORES.**

### **8.4.1. Principio general para el diseño de los elementos**

El principio del aislamiento de la junta se basa en tres capas para asegurar:

#### ***A. El aislamiento térmico y acústico (y en algunos casos la hermeticidad)***

Espumas de PU, preferiblemente elásticas.

Se aplican en la capa intermedia para estar protegidos de entradas de vapor, agua, infiltraciones de aire, y rayos UV, que disminuirían y a largo plazo eliminarían sus prestaciones.

#### ***B. La estanqueidad al agua y a la lluvia, y también la evacuación del vapor***

Barreras de vapor para exteriores ( $S_d < 0,05m$ ).

Sellantes de altas prestaciones resistentes a la intemperie (certificados ISO 11600).

Bandas pre-comprimidas auto-expansivas (certificadas DIN).

Se aplican en la capa exterior.

#### ***C. La estanqueidad al vapor y al aire***

Barreras de vapor para interiores ( $S_d \geq 50m$ ), en formato de fieltro impregnada con una película de polietileno o de membranas líquidas en dispersión, nueva solución más fácilmente puestas en obra.

Sellantes de altas prestaciones con alta resistencia al vapor y de fácil acabado (polímeros MS de bajo módulo, acrílicos elásticos 12,5E).

Deben además tener muy bajas emisiones de COV.

Se aplican en la capa interior.



Figura 8.12. Modelo de sellado en 3 capas.



## 8.4.2. Detalles técnicos de algunos sellantes

### A. Espumas de PU

#### — Valores y características clave:

- Aislamiento térmico:  $\lambda \leq 0,034 \text{ W/(m.K)}$
- Aislamiento acústico:  $R_w \geq 50 \text{ dB}$
- Post-expansión muy baja: minimizar las presiones sobre los demás elementos (marco, cerco); y también evitar manchas en elementos adyacentes en obras de rehabilitación.
- Flexible: Al igual que los sellantes, existen espumas de PU flexibles que evitan la rotura de la celda por las dilataciones diferenciales, y por tanto, la pérdida gradual del aislamiento térmico y acústico. Las espumas flexibles pueden aguantar hasta 9.000 ciclos de varios tipos de movimientos sin dañar la estructura de la celda, mientras las espumas clásicas se agrietan después de 1.500 ciclos. Es una característica fundamental para mantener las propiedades térmicas y acústicas durante toda la vida. Deben acreditar estas prestaciones con ensayos de laboratorios reconocidos.

#### — Características opcionales:

- «Climas extremos»: Las espumas normales tienen un rango de aplicación de  $+5^\circ$  hasta  $+25^\circ$  para garantizar un curado adecua-



do. Muchas zonas de España están a menudo fuera de este rango, por lo que conviene utilizar una espuma especial que permite trabajar desde  $-10^{\circ}$  hasta  $+40^{\circ}$ .

- Inflamabilidad B2
- Muy bajas emisiones COV: certificación EC1+

— Una espuma de PU por sí sola también puede eventualmente garantizar la estanqueidad al aire, si:

- Si se utiliza con las dimensiones de junta adecuadas.
- Si se aplica entre dos elementos estancos.
- Si es auto-expansiva.
- ift Rosenheim DIN 18542, Part 7.2:  $a < 0,1 \text{ m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}(\text{daPa})^{2/3})$ .

### Prüfung nach DIN EN 12114

Probekörpermaße	Breite	x	Höhe	
	1000	x	1000	in mm
Fugen längs	Anzahl	x	Länge	
	6	x	990	in mm
Fugenlänge	5,94			m

### DRUCK

Volumenstrom 1	Nullmessung (Fugen abgeklebt)								
Pa	50	73	106	154	224	325	473	688	1000
l/h	13,24	18,53	27,46	38,14	53,72	80,90	110,90	155,60	209,00
V in m <sup>3</sup> /h	0,0132	0,0185	0,0275	0,0381	0,0537	0,0809	0,1109	0,1556	0,2090

Volumenstrom 2	Fugen nicht abgeklebt								
Pa	50	73	106	154	224	325	473	688	1000
l/h	14,76	20,32	29,88	41,49	57,67	87,90	120,50	166,00	225,70
V in m <sup>3</sup> /h	0,0148	0,0203	0,0299	0,0415	0,0577	0,0879	0,1205	0,1660	0,2257

Volumenstrom 2 - 1	Luftdurchlässigkeit Fuge								
Pa	50	73	106	154	224	325	473	688	1000
V in m <sup>3</sup> /h	0,0015	0,0018	0,0024	0,0034	0,0040	0,0070	0,0096	0,0104	0,0167
V <sub>p</sub> in m <sup>3</sup> /h	0,0015	0,0017	0,0023	0,0032	0,0038	0,0068	0,0093	0,0101	0,0162
längenbezogen in m <sup>3</sup> /hm	0,0002	0,0003	0,0004	0,0005	0,0006	0,0011	0,0016	0,0017	0,0027

V<sub>p</sub>: korrigierter Luftvolumenstrom unter Referenzbedingungen (20 °C / 50 % rel. LF / 101325 Pa Luftdruck)



— PROBLEMA

No hay norma o prueba estandarizada sobre la espuma de PU como elemento constructivo

- Directiva Ift (Rosenheim) MO-01/1:
  - Conexión ventana – pared: pared de ensayo.
  - Certificación voluntaria.
  - Normalmente sobre un conjunto de productos.
  - Estanqueidad al aire (EN 12114) y al agua (EN 1027)
  - Envejecimiento:
    - Temperatura (+60°C / -15 °C, 10 ciclos)
    - Funcionalidad de ventana (apertura / inclinación, 10.000 ciclos) (EN 1191).
    - 3 pulsaciones, presión tanto positiva como negativa (1.000 Pa, 200 ciclos (EN 12211).

**Bauteilprüfung**  
Prüfung von Fugeigenschaften eines Abdichtungssystems zwischen Fenster und Bauteilkörper im Neuzustand sowie nach simulierten Kurzzeitbelastungen  
Prüfbericht 10-001746-PR01  
(PB-E03-0203-de-01)

**if**  
ROSENHEIM

**Auftraggeber:** Soodal NV, Oef-Palme-Str. 13, 51271 Leverkusen

**Probekörper:** Abdichtungssystem zwischen Fenster und Bauteilkörper  
Abdichtung innen: Acrylnut SW5 (12,56) (3) mit Rundschnur (4)  
Abdichtung außen: Soudaseal 215LM (1) mit Rundschnur (2)

**Bezeichnung:** Einseitigmontierte Fenster (3)  
Einseitiges Mauerwerk mit stamper Leibungsabblöschung und Glasstich, Kunststofffenster mit Mittelschließensystem, Befestigung zum Bauteilkörper umlaufend über überlappende Rahmenschrauben, Lastabtragung über Tragflügel, Befestigungsabstände <math>e \approx 200\text{mm}</math>

**Vorbereitung:** Vorprüfung nach den Vorgaben des Auftragsgebers, im Bauteilbereich Fugenabschluss

**Einwirkzustand:** Weißlich und oben räumlich Lüftfächer und außenseitig schlagender Fugenabschluss zwischen Außenwand und Fensterbank, Fensterbank aus Kunststoff mit gleichwertiger Ausbildung, wie oben beschrieben.

**Neuzustand:** Der untere Anschluss war nicht Gegenstand der Prüfung.

**Ergebnisse:**

Luftdurchlässigkeit bis zu $\pm 1000\text{ Pa}$ im Neuzustand	$a < 0,1\text{ m}^3/\text{m}^2\text{ h daPa}^2$
Schlagpendelwert bis $600\text{ Pa}$ im Neuzustand	kein Wasserstreifen
Luftdurchlässigkeit bis zu $\pm 1000\text{ Pa}$ nach simulierten Kurzzeitbelastungen (Temperatur, Wind, Nutzung)	$a < 0,1\text{ m}^3/\text{m}^2\text{ h daPa}^2$
Schlagpendelwert bis $600\text{ Pa}$ nach simulierten Kurzzeitbelastungen (Temperatur, Wind, Nutzung)	kein Wasserstreifen

\*) Einzelergebnisse siehe Prüfbericht Abschnitt 3

**Wichtig:** Die Daten und Ergebnisse beziehen sich ausschließlich auf den geprüften und beschriebenen Probekörper.  
Veränderungsbefreiung des Bauteils ist nur bei schriftlicher Zustimmung der Prüforganisation möglich.  
Dieser Druckbild kann als Kopie verwendet werden.

**Stich:** Der Prüfbericht umfasst insgesamt 56 Seiten.  
1) Organigramm  
2) Durchführung  
3) Einzelergebnisse  
4) Anhänge

**Wolfgang Jahn, CEO, Ing. FHG**  
Dr. Ingrid Schmitt  
Beauftragte & Halterin

**Thomas Blöcher, CEO, Ing. FHG**  
Ingrid Schmitt  
Direktor & Vorstand

**if**  
Rosenheim GmbH  
Postfach 10 00 17 46  
D-51271 Leverkusen  
Telefon: +49 (0)214 92 92 0  
Telefax: +49 (0)214 92 92 1  
E-Mail: info@ift-rosenheim.de  
www.ift-rosenheim.de

**if**  
Rosenheim GmbH  
Postfach 10 00 17 46  
D-51271 Leverkusen  
Telefon: +49 (0)214 92 92 0  
Telefax: +49 (0)214 92 92 1  
E-Mail: info@ift-rosenheim.de  
www.ift-rosenheim.de

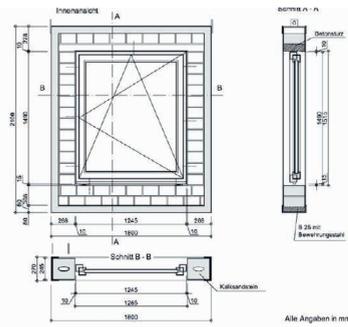


Bild 1 Probekörperansicht (Prüfplakette)

Figura 8.14. Certificado Ensayo MO-01/1 y Configuración del ensayo.



## **B. Bandas pre-comprimidas Multi-función**

### — Valores y características clave:

- Cumple con DIN18542:2009: BGR + BG1
  - B2 (DIN4102)
  - Propiedades de aislamiento bastante buenas:
    - Aislamiento térmico:  $\lambda=0,048$  W/(m.K)
    - Aislamiento acústico:
      - Sin yeso: 41 dB
      - Yeso en 1 cara: 57 dB
      - Yeso en ambas caras: 59 dB
  - Probada según ift MO-01:
    - Pared con ventana instalada
    - Estanqueidad al aire y al agua antes y después de envejecimiento
- **Puede reemplazar todos los demás productos, pero no necesariamente representa el punto óptimo de costes.**

## **C. Membrana Líquida**

### — Valores y características clave:

- Probada con Blower Door:
  - Pared con ventana instalada
  - Estanqueidad al aire y al vapor





- Hermeticidad / Estanqueidad al aire:  
Caudal a 50 Pa: 1,02 m<sup>3</sup>/(m.h)
- Estanqueidad al vapor:  
Valor estimado SD: 20m (μ: 20.000)
- Emisiones COV:

Muy bajas según el exigente estándar alemán: EC1 Plus

— Puede reemplazar ventajosamente las cintas de interior, siendo mucho más sencilla y rápida su aplicación.

Temperature, Barometric Pressure

Temperature Inside	7	°C
Temperature Outside	7	°C
Barometric Pressure	101325	Pa

Orifice Plate

Air Resistance Value c <sub>1</sub> :	0,51	[-] (sharp-edged)
---------------------------------------	------	-------------------

Test

Orifice Diameter (cm)	Orifice Area (A <sub>0</sub> ) (cm <sup>2</sup> )	Δp Window/Door (Pa)	Δp Orifice (Pa)	Airflow through Orifice (m <sup>3</sup> /h)	Tolerance (%)	Airflow through Window/Door (m <sup>3</sup> /h)
Baseline Δp =>						
1,50	1,77	-12,90	7,60	1,35	-2,85	1,35
1,50	1,77	-15,50	10,00	1,55	-15,16	1,55
2,10	3,46	-17,60	9,60	2,97	34,80	2,97
2,10	3,46	-23,80	14,10	3,60	3,95	3,60
2,10	3,46	-32,00	19,80	4,26	-21,12	4,26
4,20	13,85	-52,40	10,90	12,66	11,04	12,66
4,20	13,85	-59,50	12,70	13,66	-1,15	13,66
Baseline Δp =>		0,40				

Correlation Coefficient r:	0,981	Confidence Interval	
C <sub>Window/Door</sub> [m <sup>3</sup> /(h Pa <sup>n</sup> )]	0,027	max 0,08	min 0,01
C <sub>Orifice</sub> [m <sup>3</sup> /(h Pa <sup>n</sup> )]	0,026	max 0,08	min 0,01
n [-]	1,53	max 1,87	min 1,18

Results

			Total Airflow
Pressure difference across the Window/Door (Inside - outside):	50	Pascal	10,24 m <sup>3</sup> /h +/- 10 %
			Airflow through 1m joint
Pressure difference across the Window/Door (Inside - outside):	50	Pascal	1,02 m <sup>3</sup> /(h*m) +/- 10 %
Length of Opening Joint (Window/Door):	10,00	m	

Note: Airflow at standard conditions (Temperature=20°C, barometric pressure=101325 Pa)

## On-Side Test: Window/Door - Air Permeability

Object: **Soudal**  
 Test Date: 12/03/15

### Boundary Conditions

Temperature Inside: 7 °C  
 Temperature Outside: 7 °C  
 Standard Temperature: 20 °C  
 Size of Window/Door: 6,19 m<sup>2</sup>  
 Length of Opening Joint: 10,00 m

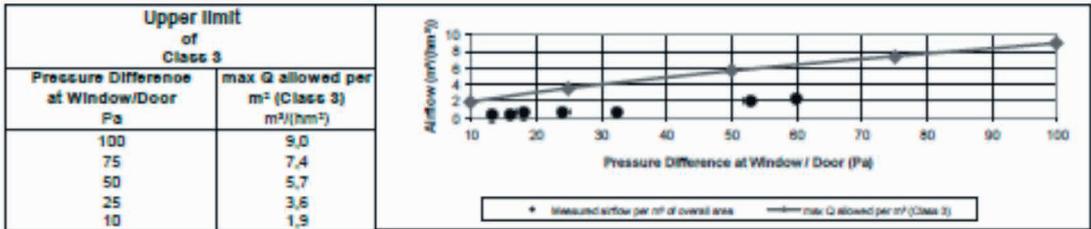
### Class of the Air Permeability for Window/Door

Class of Window/Door: **Class 3**  
 in accordance with EN 12207

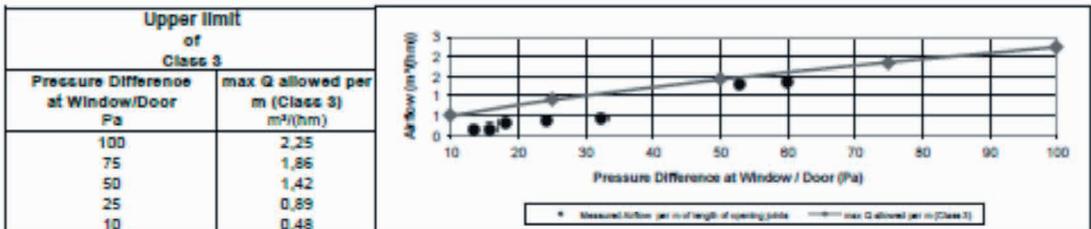
### Measurement

Input Data		Results			
Orifice → (cm)	$\Delta p$ Window/Door (Pa)	$\Delta p$ Orifice (Pa)	$\Delta p$ Window/Door baseline corrected (Pa)	Measured airflow per m <sup>2</sup> of overall area (m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> )	Measured Airflow per m of length of opening joints (m <sup>3</sup> /hm)
baseline pressure	0,40	-	-	-	-
1,50	-12,90	7,60	13,30	0,22	0,13
1,50	-15,50	10,00	16,90	0,26	0,16
2,10	-17,60	9,60	18,00	0,48	0,30
2,10	-23,80	14,10	24,20	0,68	0,38
2,10	-32,00	19,80	32,40	0,89	0,43
4,20	-52,40	10,90	62,80	2,04	1,27
4,20	-59,50	12,70	69,90	2,21	1,37

### Air Permeability related to overall Area of the Window/Door

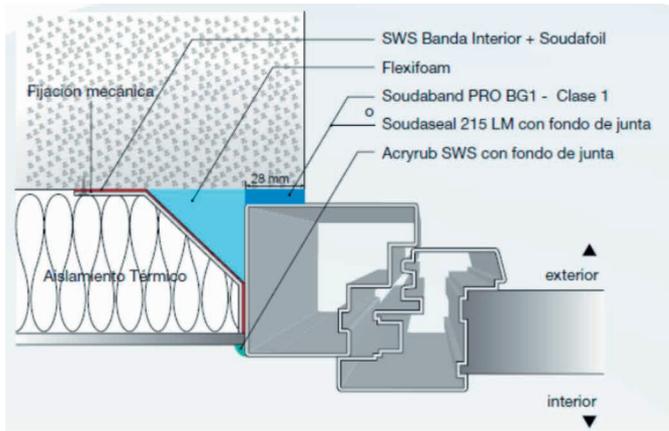


### Air Permeability related to the Length of Opening Joint of the Window/Door

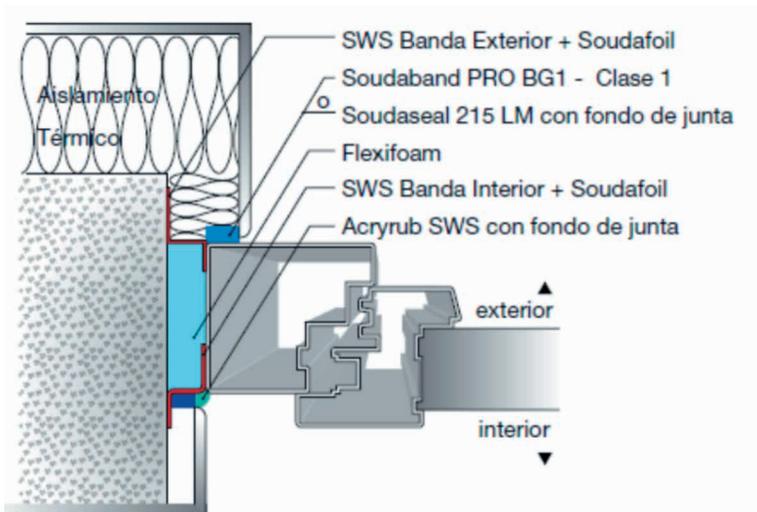


### 8.4.3. Sistemas Constructivos

Según el modelo constructivo y la fase de la obra, los diferentes elementos que deben garantizar la estanquidad y el aislamiento de la junta se deben combinar de la mejor forma posible. A continuación se muestran unos casos típicos.



**Figura 8.15.** Instalación a tope.



**Figura 8.16.** Instalación en Túnel o a testa sobre muro con sistema SATE o ETICS.

Para el cálculo de los puentes térmicos y puntos de condensación, el fabricante podrá suministrar, en caso de disponer de esta información, su catálogo de elementos constructivos con los valores precalculados (según lo explicado en el apartado 8.2.2.C.), permitiendo al prescriptor introducir en los programas de cálculo de Eficiencia Energética valores optimizados frente a los valores por defecto. En la Fig. 8.17 se muestra un ejemplo:

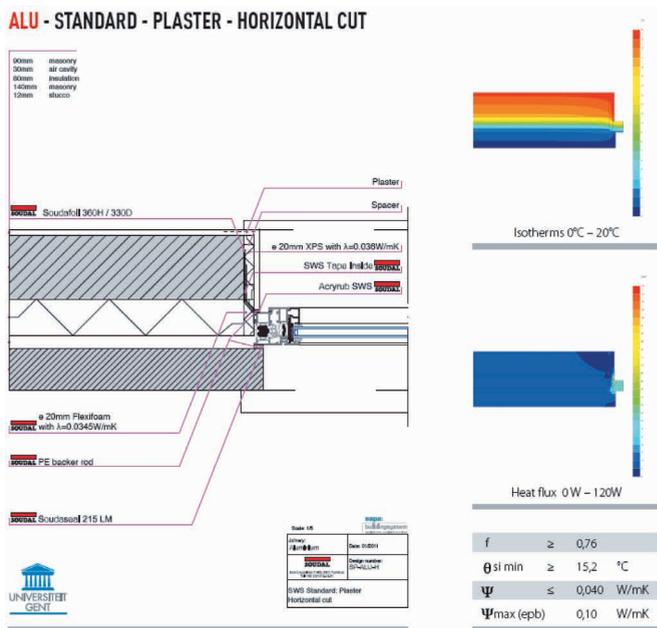


Figura 8.17. Cálculo de valor  $\Psi$  específico.

## 8.5. SELLADO DE VENTANA: ELEMENTOS PARA INSTALADORES

### 8.5.1. Oportunidad para reorientar el negocio

Para los instaladores ha llegado el momento de «cambiar el chip», de dejar atrás los montajes mal ejecutados y las ofertas siempre a la baja. Las nuevas exigencias técnicas y la creciente concienciación de los consumidores finales con la calidad de vida dentro de su vivienda, así como con el medio ambiente, deben ser el punto de partida para la articulación de ofertas con valor añadido, que acercan a los receptores del trabajo a las ventajas y ahorros que son capaces de traer los productos de nueva generación. Deben predicar y vender estas bondades, para que el consumidor esté convencido que pagar algo más realmente vale la pena y así crear una situación «win-win» donde todos ganan.

### 8.5.2. Montaje de las membranas

Es recomendable realizar este trabajo en taller, resulta más cómodo y práctico. Las membranas portan una banda autoadhesiva que per-

mite su fijación directa sobre la carpintería. Este producto tiene una forma específica de montaje para que desarrolle su función adecuadamente y que indicará el fabricante.



Fotos 8.1 y 8.2.

### 8.5.3. Alternativa: membrana líquida estanca para el interior

Se trata de una dispersión en base agua que se aplica fácilmente con brocha y/o máquina airless. Garantiza estanqueidad al aire en presencia de grietas de hasta 2mm. 24h. de secado según condiciones ambientales. Muy bajas emisiones COV (EC1 +).



Fotos 8.3 y 8.4.

### 8.5.4. Fijación de la ventana al hueco

Tras cuadrar y nivelar la ventana en el hueco, la fijación de la ventana siempre ha de ser por medios mecánicos, preferiblemente mediante





el uso de tornillería adecuada. Nunca debe usarse la espuma PU para la fijación única de la ventana. El puente térmico provocado por el tornillo se elimina con tacos específicos.



Foto 8.5.

### 8.5.5. Aplicación de la espuma

Es importante utilizar un pulverizador con agua para humedecer las juntas antes de la aplicación de la espuma. Esta acción proporciona una curación del producto más rápida y consigue una estructura más estable. Las espumas de última generación precisan rellenar el hueco de la junta en una proporción de 2/3. Cuanto más limpio esté el sustrato, mejor adherencia; eliminar residuos de polvo y cemento. Agitar muy detenidamente el bote antes de usarlo. Aplicar la espuma de abajo hacia arriba.



Foto 8.6 y 8.7.

### 8.5.6. Fijación de las membranas

Las membranas portan unas bandas autoadhesivas que permiten la fijación directa sobre la carpintería y la mampostería, no obstante, es recomendable asegurar su fijación mediante un adhesivo transpirable mientras se ejecuta la terminación del resto de la obra.



Fotos 8.8, 8.9 y 8.10.

### 8.5.7. Bandas expansivas

Estas bandas se presentan con una cara auto-adhesiva que se instala en la carpintería y que al liberarse de la presión del rollo, expande hasta ejercer presión contra la superficie a sellar.



Fotos 8.11 y 8.12.

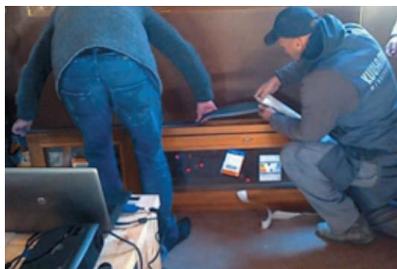
### 8.5.8. Bandas expansivas multifuncionales

Estas bandas proporcionan una solución «todo-en-uno», pero a un coste sensiblemente más alto que la suma de los demás elementos.





Hay que prestar especial atención a las esquinas, donde es más complicado garantizar una estanqueidad tan completa como la que ofrece la espuma de PU.



Fotos 8.13, 8.14 y 8.15.

### 8.5.9. Selladores de alta densidad

Son selladores que proporcionan mayores valores de aislamiento y estanqueidad que los selladores tradicionales precisamente por ser más densos que éstos. Suelen ser selladores tipo Polímero MS o acrílicos elásticos y poseen mejores propiedades adhesivas.



Fotos 8.16 y 8.17.



### **8.5.10. Mantenimiento de los materiales utilizados en la instalación**

#### **— Espuma PU:**

Las espumas PU deben protegerse siempre de la exposición a los rayos UV. Las espumas convencionales tienen un ciclo de vida entre 7 y 10 años\*. Tras ese período es recomendable su sustitución. Las espumas flexibles de última generación acompañan al ciclo de vida de la ventana.

\* Aplicadas correctamente y protegidas debidamente.

#### **— Selladores:**

Cualquier sellador debe sustituirse cada período de 10 años debido a que van perdiendo propiedades elásticas y la exposición a las condiciones climáticas va deteriorando el sellado.

#### **— Membranas de estanquidad:**

Las membranas de estanquidad acompañan al ciclo de vida de la ventana.

#### **— Bandas auto-expansivas:**

El ciclo de vida de este material acompaña al ciclo de vida de la ventana.

## **8.6. SELLADO DE VENTANA: ELEMENTOS PARA EL CONSUMIDOR FINAL**

### **8.6.1. El nuevo entorno del consumidor**

#### ***A. Preocupaciones relacionadas con su vivienda***

Según una encuesta de Leroy-Merlin entre sus clientes, son estas:

— Correcto funcionamiento de las instalaciones.



## Guía de Ventanas Eficientes y Sistemas de regulación y control solar

- Buen aislamiento de los inmuebles (sobre todo, ruidos y olores) y seguridad.
- Comodidad – Confort
- Mayor implicación con el medio ambiente (60%).
- El 33% ha adoptado medidas para ahorrar energía.

### **B. Legislación – Fiscalidad – Factores macro-económicos**

Obligatoriedad del Certificado Energético para revender o alquilar una vivienda.

Precios cada día más caros de la energía; tendencia que incrementará seguramente a medio-largo plazo, dado la escasez de recursos y el nivel global relativamente bajo del coste de la energía en España comparado con otros países europeos.

Existencia de subvenciones («Planes Renove») y recientemente las bonificaciones anunciadas sobre el IBI en caso de obtener una buena calificación energética.

#### **8.6.2. Una inversión muy rentable**

Según hemos visto, el sellado bien ejecutado y con los productos más adecuados, tiene un impacto muy importante en la reducción de puentes térmicos y en la mejora de la estanqueidad al aire de los edificios

Esto implica:

- Una mejora en la Calificación Energética, lo que redundará en un incremento de valor de la propiedad
- Un ahorro directo mensual y permanente en gasto de calefacción y/o aire acondicionado.

Todo esto se puede obtener con un sobre-coste realmente muy reducido, por lo que el plazo de amortización de la inversión es muy redu-

cido, haciendo de las actuaciones relacionadas con el sellado de los huecos las más rentables y eficientes (coste óptimo).

Como colofón, se expone a continuación un ejemplo concreto:

Precio consumidor		11,55	/mtr
6 ventana de 2m * 1,35m	6,7	40,20	m
<b>Coste total, IVA incl.</b>		<b>464,16</b>	<b>€</b>
Inversión global en ventanas + colocación	375	2.250,00	€
Incremento % en sellado óptimo		21%	
<b>Ahorro potencial anual en calefacción</b>	2000	<b>140,00</b>	<b>€</b>
	7%		
<b>Plazo de amortización</b>		<b>3,3</b>	<b>años</b>





# 9

## SISTEMAS DE REGULACIÓN Y CONTROL SOLAR



### 9.1. CONSTRUIR CON EL CLIMA

Los sistemas de control y protección solar son todos aquellos sistemas capaces de controlar y aprovechar de forma óptima la entrada de la radiación solar, tanto para el ahorro en el consumo de energía necesaria para la refrigeración y calefacción del edificio o vivienda, como para el aprovechamiento de la iluminación natural, entre otros beneficios.

El control y protección solar están integrados en la fachada con la arquitectura del edificio adaptándose a la climatología y al entorno urbanístico de la zona. El control solar también puede trabajar conjuntamente con el resto de sistemas: iluminación, climatización, etc. para conseguir una gestión global del edificio.

#### 9.1.1. Actual energía solar recibida

El sombreado de espacios es un factor esencial de confort térmico. Para incorporar el sombreado en el diseño de un edificio, es necesario comprender las características geométricas y de energía de la radiación solar global. Esta última puede dividirse en radiación directa, difusa y reflejada.

La intensidad de la radiación solar directa incidental con la que golpea el exterior de un edificio depende de la orientación de las diversas superficies exteriores, de la latitud, y de la trayectoria del Sol. Hay diferentes maneras de evaluar estas variables. Los ingenieros generalmente usan coordenadas polares, Tablas cilíndricas de ruta de proyección de rayos ultravioletas o gráficos mensuales de sombras proyectadas en el suelo por un objeto. El software (Somfy Shadow Management) pue-



## Guía de Ventanas Eficientes y Sistemas de regulación y control solar

de simular las sombras proyectadas por los edificios en diferentes momentos del día, en diferentes épocas del año y en diferentes latitudes. Estas herramientas proporcionan una valiosa ayuda durante el diseño.

La radiación difusa proviene de la radiación solar reflejada por las partículas contenidas en la atmósfera. La cantidad de radiación difusa es mayor en las nubes (sobre todo en climas húmedos) y menor con cielos muy despejados. La difusión sobre una superficie horizontal bajo un cielo despejado es de alrededor del 10% de la radiación directa.

La radiación reflejada proviene de la radiación directa y difusa reflejada por el medio ambiente. Depende principalmente de los tipos de superficie. La reflectancia de la arena, por ejemplo, se describe como que varía del 10 al 40%, dependiendo de la época del año y de la latitud.

Los métodos simplificados más comunes para medir la radiación solar global media son los diagramas de medición de energía solar universales. Estos permiten medir la intensidad del flujo solar que incide sobre una superficie. Dependiendo de la volumetría de un edificio, este método puede ser más o menos eficaz.

Las herramientas de software que simulan la radiación solar global alrededor de los edificios ofrecen un enfoque más adecuado a la arquitectura urbana. Estos proporcionan una simulación física de los resultados, lo que no sería posible utilizando cálculos manuales al comienzo del diseño.

### 9.1.2. Huecos

Los huecos y ventanas juegan un papel importante en la relación de los edificios y sus ocupantes con su entorno. De hecho, el intercambio, la pérdida y las ganancias de calor, así como el aporte solar, provienen principalmente de estos huecos. Establecen el contacto entre el interior y el exterior y actúan así a mejorar el bienestar de los ocupantes. Los huecos, y en particular las ventanas, por lo tanto, son un componente importante de cualquier edificio y siempre han sido un foco particular de atención para los arquitectos.

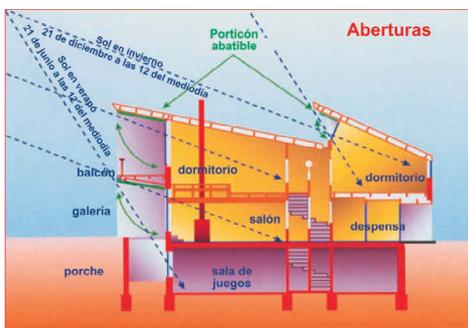
Desde un punto de vista térmico, incluso las ventanas mejor aisladas, muestran una mayor pérdida de calor coeficiente «K» que las paredes



aisladas. Son, por tanto, una de las principales fuentes de pérdida de calor en los edificios. Esta pérdida de calor se puede reducir mediante persianas o cortinas aislantes.

En invierno, el Sol que entra por las ventanas asegura la conservación del calor. En verano, puede tener el efecto contrario si es necesario el enfriamiento de la casa. La orientación, el ángulo y el diseño de los huecos son elementos clave en el diseño de un proyecto. Desde el punto de vista energético, si la orientación es sur, es lo mejor en invierno (luz directa del Sol) y en verano (menos luz directa del Sol, lo que reduce el sobrecalentamiento). El ángulo más eficaz es entre 45° y 90°.

La Fig. 9.2 muestra los detalles de una casa de 150m<sup>2</sup> construidos en Wolfhausen (Alemania), que nos ofrece una vista en sección de la forma en la que las ventanas funcionan en relación con la luz del sol de verano e invierno. Todo está diseñado para dejar entrar los rayos del sol en invierno y para protegerlo en verano: la altura de las ventanas, la profundidad de las habitaciones, el ancho de los balcones y la longitud de aleros. La ligera altura extra de la habitación en el lado sur permite que entre más el sol en el salón, mientras que una gran ventana permite que la luz entre en el segundo dormitorio desde dos lados. Un porche permite que haya luz natural en el sótano. El balcón al sur también actúa como un protector solar en verano. Un sistema de persianas con aislamiento ajustable permite el control no sólo de la pérdida de calor en invierno, sino también del potencial de sobrecalentamiento en verano.



**Foto 9.2.** El estudio de una sección transversal de los huecos de un edificio permite determinar los niveles y el calendario de la luz del día y el aporte solar.

Es importante tener en cuenta que si las ventanas son verticales y orientadas al sur pueden taparse efectivamente en verano con protecciones solares, tales como toldos o aleros. Sin embargo, no ocurre lo mismo con el caso de ventanas que dan a otras direcciones o tengan otros ángulos.



Además de esto, también es necesario tener en cuenta el hecho de que el uso de protecciones solares fijas o móviles, (pantallas solares, vidrios reflectantes, etc) conlleva tanto la reducción de la cantidad de luz natural como de la captación solar en invierno.

### 9.1.3. Ventanas

Las ventanas son una parte indispensable de los edificios:

- Perspectiva propuesta: ¿Qué partes del paisaje debemos mirar u ocultar?
- Propuestas propiedades térmicas: ¿Qué orientación? ¿En qué ángulo? ¿Qué factor solar y que coeficiente K se debe seleccionar? ¿Qué propiedades de transmisión de luz?
- Propuesta de ventilación del edificio: ¿Cuál es el papel de la ventana en el sistema de ventilación del edificio? ¿Qué protección solar debe utilizarse?

La ventana, cuyos componentes muestran diferentes características térmicas y de luz. En la parte superior, un panel fijo está protegido por un toldo exterior ajustable; en el medio, la carpintería de los huecos usan doble acristalamiento transparente; las ventanas inferiores están cubiertas en el exterior con aislamiento translúcido, lo que mejora el rendimiento térmico del acristalamiento y con ello se prescinde de algo de luz adicional.

La Foto 9.1 resume los criterios de calidad que permiten determinar la elección de los componentes de la ventana e identificar los factores que reducen los aportes solares. Por último, los tamaños de hueco (relación del área de ventana y el área de la superficie), dependiendo de la orientación, se dan para edificios residenciales construidos en nuestros climas.

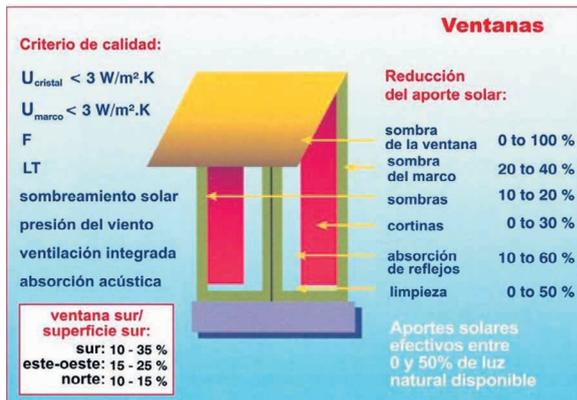


Foto 9.1. Lista de criterios que intervienen en el rendimiento térmico de las ventanas.

Los rayos del Sol pasan a través de las zonas acristaladas directamente hacia las salas utilizadas para vivir o trabajar. A continuación, se acumulan en forma de calor en las partes sólidas del edificio. La protección solar exterior se utiliza para prevenir el exceso de Sol que entra y se utilizan también persianas interiores para evitar el deslumbramiento, ya que desvían la luz hacia el techo. El rendimiento térmico es bueno para las ventanas que tienen ciertas propiedades ligadas a la superficie de la pérdida de calor (coeficiente K), el factor solar (F) y el factor de transmisión de luz (LT), si su orientación es buena (entre el sureste y suroeste). Pueden estar orientadas de manera diferente, pero su rendimiento térmico será menos eficiente. Por el contrario, las ventanas tienen cualidades pobres de retención de calor (1 o 2 días sin Sol) y la pérdida de calor por la noche es significativa, así como con mal tiempo.

Las ventanas reúnen numerosos componentes: acristalamiento, marcos, revestimientos externos, cortinas, etc. Estos componentes pueden ser considerados como obstáculos, ya que reducen perceptiblemente el aporte solar sin tener ningún impacto apreciable sobre la pérdida de calor. El espacio que ocupan es muy a menudo subestimado, tanto en el cálculo del aporte solar y en el cálculo de la luz natural (factor de luz: DF). Se estima que el nivel real de la energía solar pasiva capturado es de aproximadamente del 33%.

Además, la reducción de la superficie de la zona de las ventanas orientadas al norte debe evitarse (problemas de uso excesivo de la iluminación artificial) y las ventanas que den al oeste no deben ser demasiado grandes (riesgo de sobrecalentamiento).

## 9.2. HERRAMIENTAS ARQUITECTÓNICAS

### 9.2.1. Control solar: objetivos

#### A. Reducción del deslumbramiento

Los problemas con el deslumbramiento son frecuentes cuando el Sol está bajo en el horizonte: por la mañana, en las ventanas orientadas al este y por la noche, las ventanas orientadas al oeste. En nuestras latitudes, el problema de los huecos sombreados orientados al norte no debe pasarse por alto. De hecho, a mediados de verano, el Sol naciente en el noreste y el ajuste en el noroeste pueden causar





problemas de deslumbramiento al inicio y al final del día a través de estos huecos. Además, mirar directamente a un cielo demasiado brillante puede ser incómodo cualquiera que sea la orientación de la ventana.

Es importante distinguir si la principal causa de deslumbramiento es la radiación solar directa o simplemente difusa. Para bloquear la radiación solar directa, el sombreamiento solar opaco o casi opaco es indispensable. Los materiales translúcidos como el cristal tintado, pálido, persianas delgadas o cortinas finas, pueden convertirse en fuentes de luz secundarias y crear reflejos con la radiación solar directa sobre ellos mientras que resultan suficientes para bloquear el deslumbramiento del cielo.

### ***B. Reducción del sobrecalentamiento***

El montaje de una buena protección solar puede, en algunos casos, eliminar la necesidad de instalar un aire acondicionado o, al menos, reducir su uso, lo que conduce a consecuencias positivas en términos de ahorro de energía y medio ambiente.

### ***C. Eliminación de la radiación directa***

Un aumento en la temperatura ambiente de una habitación no es la única fuente de discomfort térmico para sus ocupantes. De hecho, a pesar de que la temperatura ambiente sea soportable, el calor irradiado de las ventanas y la radiación solar directa en una parte del cuerpo puede convertirse en algo incómodo para los ocupantes. Por lo tanto, debe ser posible eliminar la radiación directa.

### ***D. Aumento de las propiedades de aislamiento de una ventana***

El uso de protección solar cambia notablemente las características de aislamiento térmico de una ventana. Algunos sombreamientos interiores y de doble acristalamiento pueden reducir la pérdida de calor del 25 al 40%.

**E. Asegurar la privacidad de los ocupantes y cierre de habitaciones**

**F. Evitar la decoloración de ciertos tejidos y/o mobiliarios**

**G. Decoración de ventanas**



**Foto 9.2.** Diferentes propuestas de control y protección solar.

En resumen, estos sistemas pueden aportar:

- **Ahorro Energético.** Se reduce el consumo de energía debido a que disminuyen los consumos de iluminación, calefacción y climatización. El control y protección solar contribuyen al ahorro energético y ayudan a mejorar la calificación energética de los edificios. La mejora en la certificación energética significa incrementar el valor inmobiliario del edificio.
- **Confort Térmico.** Se regula la temperatura interior de los recintos manteniéndola entre 22 y 26°C mediante el control solar, con un aumento del confort térmico y una reducción del uso de los sistemas de climatización, debido a que la fachada actúa como primer control energético del edificio. En los centros de trabajo, el control térmico supone un aumento de la productividad y confort para los trabajadores dentro del edificio.
- **Confort Lumínico.** Se mejora el confort visual de los usuarios aprovechando la luz natural. Optimizando los aportes de luz natural se reduce el uso de los sistemas de iluminación artificial y, por tanto,





## Guía de Ventanas Eficientes y Sistemas de regulación y control solar

el consumo eléctrico para la iluminación de los edificios. El aprovechamiento de la luz natural mejora la calidad de vida en el edificio.

- **Sostenibilidad.** El control solar permite una reducción notable del consumo de energía y, por lo tanto, también se reducen las emisiones de CO<sub>2</sub> y el impacto del ciclo de vida del edificio. El control solar puede estar integrado en los sistemas de captación de energía para reducir la dependencia de los combustibles fósiles. Se contribuye al compromiso de respeto por el medio ambiente, mejorando la sostenibilidad de la edificación y contribuyendo a lograr Edificios de Consumo de Energía Casi Nulo (EECN).

Pero además, el correcto diseño de los edificios y de sus instalaciones de protección solar tiene efecto en la salud, el bienestar y la productividad de sus ocupantes.

### 9.2.2. Control solar: Opciones Tecnológicas

Se incluye a continuación una clasificación genérica de los sistemas de protección solar.

#### **A. Exterior**

Estática:

- Celosías fijas
- Arquitectura textil
- Vidrios de control solar
- Vinilos
- Cojines ETFE
- Aleros y voladizos
- Sombras de edificios cercanos

Dinámica:

- Persianas
  - Enrollables
  - Enrollables orientables
  - Veneciana exterior



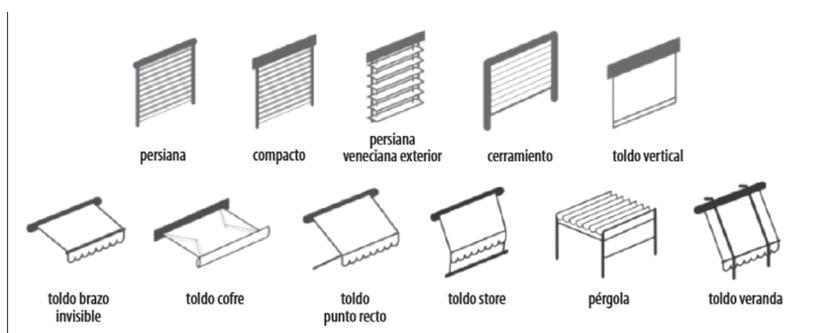
- Mosquiteras
- Toldos de fachada
  - Sistemas de brazo
  - Estor vertical exterior (cremallera, cable, guía varilla acero)
  - Marquisoletas
- Mallorquinas
  - Abatibles
  - Correderas
  - Librillo
- Celosías orientables
  - Verticales
  - Horizontales
- Sistemas para terrazas (toldos, pérgolas, marquesinas, velas y parasoles)

## **B. Interior**

- Fachada de doble piel de vidrio
  - Veneciana interior
  - Estor enrollable
- Interior
  - Estor enrollable
  - Veneciana
  - Panel deslizante (panel japonés)
  - Lamas verticales
  - Cortina riel

Materiales: aluminio, textil, PVC, madera, acero, hormigón, polímeros.

En la Fig. 9.1 se muestran algunos ejemplos de los sistemas incluidos en la clasificación.



**Figura 9.1.** Ejemplos de sistemas de protección solar.

El tipo ideal de control y protección solar para un proyecto específico depende de un número de factores, tales como la latitud del lugar en cuestión, la orientación de las ventanas, el tipo deseado de contacto con el exterior y el tipo de uso que se va a hacer de la sala. Otros criterios a añadir que afectan a la elección de la sombra son su resistencia mecánica, su coste, el mantenimiento o la capacidad de abrir las ventanas para crear una ventilación natural del edificio.

### **Posicionamiento de la protección solar:**

Ya sea en el interior, el exterior o integrada en el vidrio, la misma protección solar proporcionará exactamente el mismo control sobre el nivel de la luz. Sin embargo, siempre será más eficaz en la prevención de sobrecalentamiento si está instalado fuera de la ventana. Por lo tanto, la elección de la posición de la protección solar es principalmente una cuestión de consideraciones térmicas, de mantenimiento y estéticas.

La principal ventaja del sombreado externo reside en el hecho de que bloquea la radiación solar antes de que alcance las ventanas. El sombreado solar es eficaz contra el sobrecalentamiento en los siguientes casos:

- Si es externo. En este caso, bloquea los rayos del Sol antes de llegar a la ventana.
- Si es interno, siempre que repela los rayos del Sol, después de pasar a través de la ventana. Para ello, debe ser no absorbente y reflectante.

El sombreado externo, sin embargo, tiene tres limitaciones: es más voluminoso, debe ser resistente a la intemperie y es más difícil de limpiar y de mantener.

### Protección solar móvil

El sombreado permanente representa un sistema fijo que ofrece el mismo nivel de sombreado, independientemente de la hora, del día o de año. Ejemplos de esto incluyen películas adhesivas para ventanas o vidrios especiales. El sombreado fijo no cambia, independientemente de la hora, del día o de la temporada, pero la cantidad de sombra varía según la posición del Sol.

El sombreado móvil se puede ajustar de acuerdo a la posición del Sol o los deseos de los ocupantes. El uso de pantallas móviles permite que el sombreado se adapte a las necesidades reales de los usuarios. El aporte solar, por lo tanto, puede ser controlada con la retirada parcial o completa del sombreado o inclinando sus lamas. Este ajuste puede llevarse a cabo manualmente por los ocupantes, motorizados (a través de un mando a distancia) o automatizado (utilizando una unidad de control).

El principal inconveniente del sombreado móvil está relacionado con la gestión de ajustes en el sombreado. De hecho, el sombreado no automatizado nunca será utilizado de manera eficiente y puede incluso socavar los objetivos de confort visual y el ahorro energético. En el caso del sombreado automático, la capacidad de los ocupantes de anular el sistema necesita tenerse en cuenta. Otra desventaja de este sistema es el tamaño del mecanismo de plegado del sombreado, que puede reducir el área de superficie efectiva de una ventana.



Foto 9.3. a) Sombreado fijo. b) Sombreado móvil.

### 9.2.3. Control solar: diferentes tipos.

#### **A. Sombreamiento relacionado con el entorno**

La vegetación puede utilizarse eficazmente para reducir la exposición de las ventanas al Sol. Las plantas deben ser elegidas cuidadosamente, teniendo en cuenta su tamaño y tipo, ya que esta elección influye en la forma en que la sombra se desarrollará en verano y en invierno. Los edificios vecinos pueden proporcionar una imagen fija. Pueden jugar un papel positivo si se necesita la protección del Sol: este es el caso de las ciudades mediterráneas tradicionales, donde la estrechez de las calles y la altura de los edificios reduce significativamente la luz solar directa y proporciona una agradable sombra.

#### **B. Características arquitectónicas**

La forma de un edificio puede proyectar sombras en algunas de sus paredes. Muchas partes de la fachada que contribuyen al diseño arquitectónico de un edificio pueden constituir elementos de sombra. Debemos mencionar aleros, salientes, plantas que sobresalen, balcones y soportales.

#### **C. Sombreamiento adicional**

Entre estos tipos, hay que destacar los estantes de luz que, además de dar sombra al edificio, también reflejan la luz hacia la parte posterior de una habitación. Las lamas horizontales, por otro lado, se componen de listones fijos sobre un bastidor. Su eficacia dependerá del ángulo de las lamas, así como de los espacios entre ellos.

Las persianas son dispositivos exteriores o interiores formados por lamas horizontales colocados en todo el hueco de la ventana. Estos bloquean la luz solar directa, mientras que permiten que la luz indirecta entre. Las persianas permiten la ventilación natural y garantizan la privacidad de una habitación. Las persianas venecianas se componen de lamas horizontales que se pueden mover gracias a un sistema de cables y cadenas. El sombreado depende del tamaño de las lamas.

El ajuste del nivel de la protección solar es la principal característica de las persianas con lamas orientable. Este ajuste se realiza por





medio ya sea de cierre o inclinando los listones. Una persiana de lamas se compone de una serie de listones externos fijos o móviles equipados en el plano vertical de la fachada. El sombreado es completamente ajustable: puede estar parcial o totalmente opaco, lo que aumentará o reducirá la luz en función de la necesidad en cuestión.

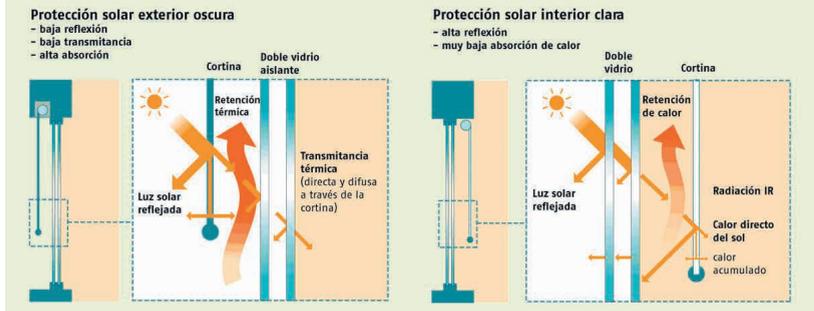
Los toldos, fabricados con componentes flexibles y ajustables, ya sean opacos o translúcidos, dan sombra a las ventanas mientras proporcionan potencialmente una vista.

Los toldos de brazo deslizante combinan las cualidades de las protecciones solares de rodillos verticales y horizontales. Permiten la entrada de luz natural.

**Impacto de la posición y color de las protecciones solares en las ganancias de calor.**

Los diagramas muestran dos estrategias diferentes de Aislamiento Dinámico® empleadas en verano para permitir un nivel térmico equivalente en el edificio:

Un sistema de protección solar externo es una solución efectiva para limitar la ganancia térmica reflejando los rayos del sol antes de que alcancen la ventana. Igualmente, existen sistemas de protección solar interior altamente eficaces que limitan la absorción de calor y reflejan los rayos del sol.



**Foto 9.4.** Impacto de la posición y color de las protecciones solares en las ganancias de calor.

**D. Acristalamiento de protección**

Usar un acristalamiento absorbente y reflectante es una manera de reducir la transmitancia solar continua durante todo el año. Este acristalamiento especial puede proporcionar una solución cuando los sistemas fijos y móviles son difíciles de instalar.

### 9.3. TENDENCIAS ACTUALES: FACHADAS ACRISTALADAS

#### 9.3.1. Una tendencia actual

Los edificios de oficinas altamente acristalados ofrecen transparencia, acceso a la luz natural y un sentido de conexión entre los ambientes interiores y el aire libre, lo cual es superior a la proporcionada por los edificios convencionales (donde las ventanas por lo general conforman aproximadamente el 30 por ciento de la superficie de la pared externa). A pesar de las cuestiones energéticas, esta tendencia está en aumento en todo el mundo, especialmente en los edificios de oficinas. Su popularidad se puede explicar por:

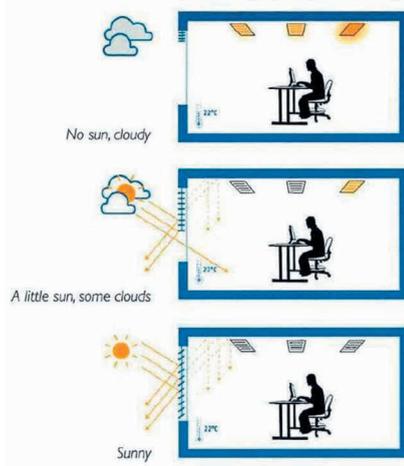
- El deseo de los arquitectos para ofrecer vistas a (y desde) el exterior y proporcionar toda la luz natural posible (incluso si se utiliza vidrio tintado).
- La idea de una mayor superficie acristalada, relacionándolo con una mejor vista de la parte exterior y un ambiente interior más agradable para los usuarios.
- La preferencia de los ocupantes por la imagen corporativa y distintiva proporcionada por una oficina de vidrio (por ejemplo, en términos de transparencia o apertura).

La eficiencia energética de edificios de gran acristalamiento es, sin embargo, a menudo cuestionada. Las fachadas totalmente acristaladas pueden ser un gran desafío en términos de la combinación de consumo de energía con el confort térmico. La transmitancia térmica del acristalamiento es mayor que la de paredes aisladas, independientemente del tipo de ventana. En los edificios con fachadas acristaladas, altamente expuestas a dirigir y reflejar la radiación solar, también es un desafío asegurar el confort visual de los ocupantes. El uso de protección solar móvil es una forma esencial de facilitar el confort visual en edificios con un alto acristalamiento.

El principal reto con los edificios altamente acristalados radica sobre todo en su capacidad para responder y adaptarse rápidamente al entorno externo de acuerdo a las necesidades de los ocupantes durante todo el año. Esto es factible por medio de sofisticados sistemas para el control de la temperatura, la luz y la ventilación. La estimación y la definición de las características de acristalamiento incluyendo los sistemas de control solar deben llevarse a cabo durante las primeras



etapas de un proyecto. Existen varias herramientas de software disponibles que permiten a los diseñadores evaluar la eficiencia energética de la totalidad o una parte de un edificio que se desea simular.



**Foto 9.5.** La fachada dinámica permite adaptarse en función de exterior y necesidades del interior.

Hay dos tipos de fachadas altamente acristaladas: fachadas de doble piel y ventanas de flujo de aire, sistemas formados por dos capas de vidrio (que cada piel es acristalamiento simple o doble) dispuestas con una cavidad intermedia ventilada. Para las fachadas de doble piel, el acristalamiento aislante (barrera térmica) es por lo general la piel interior, mientras que para las ventanas de flujo de aire el acristalamiento aislante es la piel exterior. La distancia entre las dos pieles varía típicamente desde 0,2m hasta 2,0m, dependiendo de concepto y el sistema. Los dispositivos de protección solar se encuentran dentro de la cavidad entre las dos pieles.

Los beneficios potenciales de este tipo de fachadas incluyen el aislamiento acústico, la protección solar del entorno exterior y la prestación de la ventilación natural de los espacios de oficina, incluso en condiciones de viento.

#### 9.4. CONTROL SOLAR: GESTIÓN, AUTOMATISMOS Y DOMÓTICA

La función del control solar es mover los elementos de protección solar, ventanas, iluminación, para mejorar el confort, la seguridad y el ahorro energético.





La automatización de los sistemas de protección solar es la forma de optimizar sus beneficios en cuanto a la mejora del confort interior, el confort visual, el ahorro de energía y el uso de la luz natural. De este modo, el sistema funciona permanentemente, incluso cuando el usuario no está presente, reaccionando al sol y al viento automáticamente.

En la Fig.9.2 se muestra un ejemplo de sistemas de control solar.

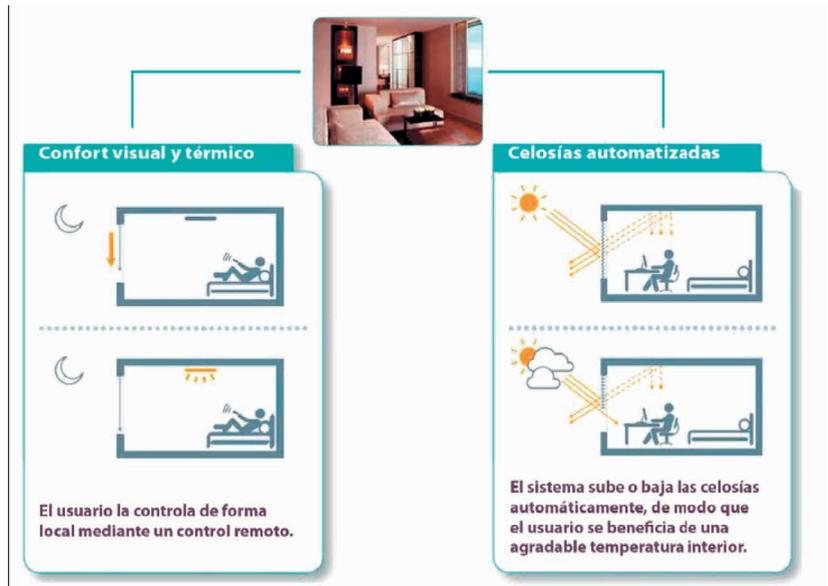


Figura 9.2. Ejemplo de sistema de control solar.

Los siguientes cuatro principios básicos son de aplicación para los sistemas de control:

- Los ocupantes deben ser capaces de cambiar manualmente los controles dentro de los límites establecidos.
- El ahorro de energía puede lograrse cuando los sistemas de control aprovechan las condiciones ambientales exteriores antes de cambiar a los modos controlados mecánicamente
- Se centran en la prestación de los niveles de confort requeridos con el consumo de energía más bajo posible.
- Durante el periodo de no ocupación se centran en el ahorro de energía.

- Protecciones solares motorizadas.
- Sensores.
- Mandos a distancia.
- Controladores.

CONFORT	SEGURIDAD	AHORRO ENERGÉTICO
Punto de mando	Control	Sensor

### 9.4.1. Motorización

Son los dispositivos más destacados de una instalación de control solar ya que son los que proporcionan el movimiento a las protecciones solares. Habitualmente van insertados dentro del tubo o eje de enrollamiento de la persiana o cortina y por lo tanto su instalación no implica ninguna alteración estética del hueco.

La motorización puede realizarse:

#### A. Motorización vía cable

En un sistema motorizado vía cable el punto de mando está conectado al motor por medio de un cableado eléctrico desde el motor hasta el punto de mando, se suele instalar en obra nueva por la necesidad de hacer rozas para empotrar el cableado.

#### B. Motorización vía radio

La tecnología de radiofrecuencia permite realizar el manejo del motor sin cableado, sólo necesita una conexión a 230 V AC, lo que resulta idóneo para la vivienda residencial, para las reformas o para la protección solar exterior.

### 9.4.2. Sensores

Dispositivo que «lee» las condiciones ambientales, tales como, intensidad de luz, temperatura, etc. para que las protecciones





solares actúen en consecuencia según la programación prefijada.

Si los tres objetivos principales de un sistema de control automático son crear mejores condiciones de confort interior, reducir el gasto energético y evitar que las protecciones se dañen, se necesitan sensores que verifiquen las condiciones climáticas en la proximidad de la vivienda. Su uso es más eficiente para sistemas de protección solar por el exterior, pero la mayoría de los principios pueden aplicarse a las cortinas interiores.

Los sensores de exterior pueden ser:

- Sensor de sol
- Sensor de viento (anemómetro)
- Sensor de viento (vibración)
- Sensor de dirección del viento
- Sensor de temperatura exterior
- Sensor de lluvia
- Sensor de luz y temperatura interior
- Detector de ocupación

Algunos de estos sensores son de uso reciente, dado que hasta ahora había prevalecido el uso de la protección solar en función de la presencia del sol y evitar que se dañase debido a inclemencias meteorológicas. Pero actualmente, su versatilidad permite el control no solo sobre el clima interior sino también controlar el deslumbramiento, el uso de la energía y un control individualizado. Con la ayuda de un sistema de control puede conseguirse la interacción entre protección solar, iluminación, calefacción, ventilación y climatización.

### 9.4.3. Puntos de mando

Son puntos de mando cableados o inalámbricos que permiten gestionar una instalación de motores. Pueden ser:

- Punto de mando cableados
- Mando a distancia

#### 9.4.4. Controladores

Un controlador es todo dispositivo con la capacidad de programar, gestionar, y visualizar otros dispositivos, ya sean motores, sensores u otros elementos (iluminación, climatización, alarmas,...) haciendo que trabajen de manera conjunta, con el fin de conseguir el máximo confort con el mínimo consumo posible.

Las prestaciones que se piden a un sistema de gestión de fachadas (protecciones solares) son las siguientes:

Ofrecer una mejora en el confort interior, maximizar los ahorros de energía y al mismo tiempo satisfacer las expectativas de los usuarios. Los sistemas de control solar instalados en el exterior del edificio, además, deben ser resistentes frente a vientos intensos u otras condiciones atmosféricas adversas o en su defecto que el sistema sea capaz de bloquearlas por seguridad e incluso durante trabajos de mantenimiento. Con un sistema accionado manualmente, cumplir todas estas condiciones es imposible.

Las celosías exteriores motorizadas están casi todas estandarizadas, pero el sistema que controla los motores debe estudiarse al detalle para que proporcione el máximo confort a los usuarios.

Para optimizar las prestaciones y funcionamiento de las protecciones solares (persianas, cortinas, celosías, etc.) es necesario conectarlas a un sistema central de control para gestionar el edificio desde un mismo BMS (Building Management System) y contribuir a la eficiencia energética del conjunto. Esto no impide el control individual o zonal por parte del usuario.

Antes de configurar el sistema de control, cabe realizar unas reflexiones sencillas:

- ¿Qué funciones realmente se necesitan?
- ¿Para qué se necesitan?
- ¿Cómo se utilizarán?
- ¿Se consigue un ahorro apreciable?

Para evitar problemas en un sistema de control automático, se debe realizar de modo correcto su diseño y ejecución. En primer lugar, debe llevarse a cabo una especificación detallada antes de elegir el siste-





ma de control, para evitar una mala funcionalidad, la insatisfacción del usuario y un coste de mantenimiento elevado.

Es útil elaborar un listado de comprobaciones que contemple los factores más importantes que debe incluir, tanto para el instalador de la protección solar como para el instalador de la parte eléctrica.

Por ejemplo, la ubicación de los sensores siempre se debe verificar con el instalador del sistema de protección solar y localizarse en los alzados de la fachada junto con la definición de los grupos o zonas de control. De este modo, el responsable del cableado eléctrico lo podrá realizar de forma conveniente.

Cuando se escoja una solución autónoma, se debe asegurar que el instalador del sistema de protección solar participa en la puesta en marcha del sistema, en el seguimiento después de su funcionamiento y en la formación del personal indicado del edificio. Con ello se asegura una instalación más duradera y satisfactoria.

Cuando se escoja una solución de sistema abierto tipo LON o KNX, normalmente corresponde al integrador del sistema crear y programar todas las funciones. No obstante, la experiencia demuestra que tienen un conocimiento limitado de los sistemas de protección solar, limitando la funcionalidad de la presencia de sol/viento y pliegue/repliegue, lo cual puede disminuir la eficiencia energética y el confort del usuario. El instalador del sistema de protección solar debe participar activamente aconsejando al integrador.

La información al usuario final es básica y a menudo se obvia, es importante para la satisfacción del usuario y para obtener los ahorros energéticos previstos. Se debe informar a cualquier usuario acerca de las funciones generales del sistema automático, cuándo debe replegarse el sistema en un día soleado (debido al viento) o cómo usar el control local en su habitación.

## **9.5. LA VENTANA, NUEVO ELECTRODOMÉSTICO**

### **9.5.1. Propuesta**

La ventana es, a fecha de hoy, una de las asignaturas pendientes sobre todo en las viviendas. La ventana es un elemento muy

difícil de instalar y certificar a nivel térmico, acústico y de estanqueidad.

La certificación necesita dos factores: La **fabricación e instalación** del producto. La ventana en su proceso de fabricación es una suma de productos que cada uno está certificado por separado con el marcado CE como garantía pero veamos un ejemplo del proceso tradicional de instalación de una ventana:

Se coloca el premarco en la fachada. El contratista.

Se colocan los marcos y perfiles. El carpintero o instalador de ventanas.

Se coloca el vidrio. El cristalero.

Se coloca la persiana. El instalador de persianas.

Se coloca el motor y mando. El instalador de automatismos, Si hay domótica. El integrador.

En total 6 proveedores para una simple ventana. Demasiados industriales para que al final todas estas partes están bien instaladas y hagan su correcta función en la fachada de su casa.

A fecha de hoy la industria ya ha incorporado en sus productos unos procesos de industrialización y prefabricación incluyendo la mecanización y automatización en sus fábricas. Pero todavía seguimos fabricando las ventanas de forma artesanal.

Les propongo una idea: Imagínense que la ventana pudiera ser como un electrodoméstico y si pudiera escoger me gustaría que las características de mi ventana fueran:

Doble vidrio (35 db para el ruido y para el frío o calor  $U=1,5-2,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) + Oscilo-batiente (Para ventilación sin corrientes de aire) + Transmisión Lumínica (Máxima Luz natural.  $TL=1$  o 100%) + Perfiles con Rotura de Puente Térmico ( $U= 1,5-2,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) + Persiana o toldo vertical (Protección solar máxima en verano Factor solar  $FS=0\%$ ) + Motorización + mando a distancia + sensor (Todo sin cables excepto motor a 230V).





## ESQUEMAS DE PRE-INSTALACIÓN PARA AUTOMATIZAR PERSIANAS Y TOLDOS

### 1. ESQUEMA CON PULSADOR. PRE-INSTALACIÓN NECESARIA CON SISTEMA CABLEADO.



### 2. ESQUEMA CON MANDO A DISTANCIA. PRE-INSTALACIÓN NECESARIA CON SISTEMA IO/ RTS RADIO.



Ficha	Modelo	Referencia	Web Fabricante	Teléfono	Fecha	<b>somfy.</b>
SY-02			www.somfy.es	934.800.900	2011 FEB	

**Foto 9.6.** Pre-instalación de la ventana motorizada con sensor y mando.

En un futuro los técnicos y usuarios podremos comparar las ventanas con sus características propias y escoger la que mejor se adapte a nuestras necesidades y fachada. La ventana ideal debería ser igual que un electrodoméstico. La ventana se escoge, se instala en obra, se enchufa y funciona. Sólo habría que prever el hueco arquitectónico y un enchufe 230V. El hueco para instalar la ventana será un rectángulo donde poder instalarla sin prever agujeros para el bombo de la persiana o de la cinta, etc. asegurando así que queda perfectamente integrada en la fachada. Así la ventana sería suministrada e instalada asegurando y certificando la calidad prescrita por el técnico.

### 9.5.2. La tecnología de nuestras casas

La ventana es el primer control energético conjuntamente con la pared de la fachada. Proponemos una sencilla tecnología en nuestra casa enchufando la ventana para que todas las características antes descritas estén fabricadas de serie en nuestros hogares. Es la mínima tecnología que debe tener nuestro hogar y que nos hará la vida más fácil, más confortable, más segura, más sostenible y económica.

Los tiempos están cambiando y todas las viviendas deberíamos evolucionar incorporando la tecnología nuestro hogar de forma sencilla y disfrutando de sus ventajas. En resumen mejorar nuestra calidad de vida. Tecnología que mejore la calidad de vida de tú vivienda aportando confort, seguridad y ahorro energético. Y lo hacemos igual que hace 50 años en nuestra vivienda lo hacía nuestra abuela. Nuestra abuela era muy eficiente ya que apagaba y encendía las luces, vigilaba la casa, subía y bajaba las persianas, movía las cortinas, etc. pero siempre estaba en casa. Con una estrategia sencilla las abuelas no gastaban tanta energía ya que aprovechaban la energía gratuita del exterior y del interior. Los tiempos han cambiado y nuestras casas también. Ahora no hay nadie en casa durante el día y la nueva abuela Somfy mueve tu hogar para recuperar esa eficiencia de antaño.

Una de las prioridades en el futuro de las viviendas es que todas las personas puedan tener y utilizar dicha tecnología con la misma sencillez y comodidad que se conduce un coche, y es importante y necesario simplificar la tecnología en la vivienda para sea para todos los públicos.

La tecnología ha de ser:

**Sencilla.** Sin esfuerzo. Cuando uno compra una tele nadie lee el libro de instrucciones. Se enchufa y va. Ese es el concepto. Mi persiana debería subir y bajar sola para aprovechar la energía del exterior tanto si estoy o no en mi casa.

**Modular.** La tecnología la voy instalando poco a poco en mi casa, incluso ventana a ventana. Por partes y en el orden que realmente necesito.

**Sostenible.** La tecnología me ayuda a conseguir una letra de calificación energética en mi vivienda que me dará un valor añadido a mi





## Guía de Ventanas Eficientes y Sistemas de regulación y control solar

inmueble. Desde Junio del 2013 si vendo o alquilo mi vivienda tendré que tener la calificación energética con la valoración en forma de letra A, B... G, como ahora la tiene mi nevera o lavadora.

La nueva tecnología TAHOMA aprovecha los elementos existentes en tu casa como la persiana, cortina, luces, puertas, toldo y si quieres incorporar esta tecnología sólo debes añadir 3 elementos: el mando a distancia que nos proporciona confort, el sensor de temperatura-luminoso que nos proporciona el ahorro y el motor que mueve la persiana, toldo, luz, etc. Recordar que no hay cables de señal entre sensor y mando ya que las conexiones entre ellos son vía radiofrecuencia y sólo el motor tiene corriente eléctrica a 230V. Por eso es una tecnología muy sencilla y apropiada para la rehabilitación.

La tecnología del coche y del móvil han mejorado nuestra calidad de vida sólo les pedimos que enchufando su ventana nos dejen hacerlo en su hogar.

## BIBLIOGRAFÍA

ASEFAVE (2009): «Manual de producto. Ventanas. 2.ª edición». Ed. AENOR, Madrid, España.

ASEFAVE (2016): «Manual de Protección Solar». Ed TECNOPRESS EDICIONES. Madrid, España.

SOMFY (2015): «La fachada dinámica: el primer control energético del edificio». SOMFY ESPAÑA, S.A.

REHVA and ES-SO: «REHVA Solar Shading Guidebook». ISBN 978-2-930521-02-2. Printed in Finland.

# 10

## INSTALACIÓN DE VENTANAS



### 10.1. PRINCIPIOS BÁSICOS DE LA INSTALACIÓN DE VENTANAS

La instalación de la ventana en obra es la fijación y montaje de la misma al hueco previsto en el cerramiento, de forma que se garanticen las diferentes prestaciones definidas en el proyecto arquitectónico del edificio. Entre otros, se debe asegurar los valores mínimos exigidos en cuanto al aislamiento térmico, a la atenuación acústica, a la permeabilidad al aire y a la estanquidad al agua. Así mismo, el sistema de fijación debe garantizar el funcionamiento correcto, seguro y perdurable tanto de la ventana, como de la unión entre la ventana y la obra.

Para ello, los requisitos básicos que debe asegurar el montaje son:

- Resistencia mecánica a cargas, choques, dilataciones diferenciales y maniobras de la propia ventana.
- Compatibilidad, tanto química como eléctrica, entre los materiales empleados en el montaje, con especial atención a todos aquellos que pudieran producir deterioro de la ventana y sus componentes.
- Permeabilidad al aire y estanquidad al agua. El sistema de estanquidad e impermeabilidad de la junta entre la ventana y la obra debe garantizar los requisitos establecidos.
- Aislamiento acústico y térmico. Es necesario evitar los puentes térmicos y acústicos. En cuanto al aislamiento térmico, aparte de los requisitos de proyecto, se debe asegurar que no se produzcan condensaciones en las juntas ni en las zonas adyacentes y evitar la formación de moho.



- Vibraciones. Los productos de unión entre cercos y precercos deben tener la suficiente elasticidad para no transmitir a la estructura del edificio las vibraciones a las que pudieran estar sometidas las ventanas, incluidos los movimientos sísmicos, y viceversa, de la estructura a la obra.

El proyecto arquitectónico debe recoger y plasmar las características anteriores con los detalles, las condiciones y los requisitos mínimos que deben cumplir las carpinterías del proyecto.

Independientemente del sistema de colocación elegido, existen una serie de condiciones específicas que deben respetarse para conseguir que se cumplan los requisitos básicos de aislamiento, estanquidad y durabilidad de la instalación de la ventana:

- Las diferentes uniones entre hueco, cerco y precerco no deben permitir la entrada de agua.
- Por efecto del montaje, tanto la ventana como el hueco de la fachada no deben perder ninguna de sus características de aislamiento térmico o acústico. Por tanto, la junta entre la ventana y la obra debe garantizar que no se produzcan condensaciones en las juntas ni en las zonas adyacentes a éstas, evitando los puentes térmicos y acústicos y la formación de moho.
- Las diferentes uniones entre hueco, cerco y precerco deben tener en cuenta las distintas dilataciones diferenciales de los materiales, por lo que deben utilizarse tanto sellantes como elementos aislantes que tengan la suficiente elasticidad para absorber dichas dilataciones diferenciales, para evitar un deterioro anticipado de los materiales de la junta, perdiendo ésta por tanto sus propiedades de aislamiento térmico y acústico.
- Se recomienda la utilización de sellantes y aislantes con una capacidad de movimiento del 25%, tanto en contracción como en dilatación, o sea, con una capacidad global de movimiento del 50%. En el caso de espuma de poliuretano, debe estar exenta de post-expansión para evitar torsiones sobre el cerco. Igualmente, una espuma de poliuretano flexible evita la rotura de la celda por las dilataciones diferenciales, y por tanto, la pérdida gradual del aislamiento térmico y acústico.

— Para evitar las condensaciones de humedad, en la parte interior de la junta entre ventana y obra, se deben utilizar sellantes con una transmisión de vapor de agua diferente para la junta interior y la junta exterior. El sellante para la zona interior de la junta debe tener una transmisión de vapor de agua inferior a la del material sellante de la zona exterior. De esta forma, el vapor de agua siempre tenderá a salir al exterior del edificio, evitando por tanto la aparición de humedades en el interior.

Las ventanas se instalan en el hueco nivelándolas en horizontal y vertical, y se fijan con cuñas que se quitan una vez se hayan atornillado y sujetado convenientemente.

Es importante que los muros no transmitan cargas y tensiones a las ventanas, por asentamientos o deformaciones de la obra.

Para evitar los problemas derivados de la dilatación, las pérdidas de aislamiento térmico y acústico, es conveniente rellenar los espacios entre ventana y hueco con espuma de poliuretano u otro tipo de material aislante.

El montaje de la ventana debe ser tal que evite puentes térmicos a través del hueco de ventana, es decir, que la ventana continúe manteniendo el aislamiento del muro entre el interior y el exterior.

Los herrajes utilizados en ventanas, para su correcto funcionamiento, se deben regular y lubricar de manera adecuada y periódica, posteriormente a la instalación de la ventana. Se deben consultar las instrucciones de lubricación y regulación del fabricante de los herrajes.

### **10.1.1. Particularidades para la instalación de ventanas de tejado**

Las ventanas de cubierta por su especial particularidad de instalación, se fabrican en tamaños normalizados, acordes con los espacios libres más habituales entre los sistemas estructurales que conforman las cubiertas. Otras características importantes de esta tipología de ventanas son que: incorporan de fábrica el acristalamiento aislante y que, para su correcta instalación, se debe utilizar un cerco de estanqueidad acorde con el material de cubierta, el tipo de ventana y la composición de las mismas (en el caso de instalación de varias





ventanas). El cerco de estanqueidad garantiza el drenaje seguro y efectivo del agua de lluvia, así como la integración de la ventana con el material de cubierta.

Por lo tanto en la recepción en obra del material necesario para la instalación de una ventana de cubierta, se debe asegurar la recepción de los dos productos: ventana de cubierta (marco, hoja y acristalamiento) y cerco de estanqueidad.

## 10.2. PATOLOGÍAS RELACIONADAS CON LA INSTALACIÓN DE LAS VENTANAS

Se muestra a continuación un esquema que relaciona las patologías de las ventanas y sus posibles causas, muchas de ellas directamente relacionadas con una instalación deficiente de las mismas.

POSIBLE CAUSA	PATOLOGÍAS																				
	Inestabilidad de la ventana	Inestabilidad de los elementos practicables	Inestabilidad de los acristalamientos	Deformaciones permanentes en los perfiles	Deformaciones excesivas bajo presión dinámica	Rotura de acristalamientos	Corrosión de anclajes o tornillería	Falta de estanqueidad al agua	Falta de permeabilidad al aire	Falta de aislamiento a ruido aéreo	Falta de aislamiento térmico	Falta de funcionalidad de los elementos practicables	Rayas en la superficie de los perfiles	Pérdida de brillo de los perfiles	Manchas y deterioro del acabado superficial de perfiles	Manchas y humedad en el perímetro de la ventana	Condensaciones en la cámara del doble acristalamiento	Pérdida de brillo, manchas y rayas en los acristalamientos	Corrosión de capas metálicas en acristalamientos	Falta de adherencia o rotura de los sellados exteriores	
Falta de plomo, alineación o escuadría en los precercos																					
Manipulación de precercos en obra																					
Inexistencia de fijaciones mecánicas																					
Distancia excesiva entre fijaciones mecánicas																					
Holgura excesiva entre cerco y precerco																					
Calzos mal colocados, inexistentes o de material inapropiado																					
Mal calzado de hojas practicables																					
Dimensiones fuera tolerancias del fabricante																					
No previsto espacio para fijaciones mecánicas																					
Limpieza con productos abrasivos																					

POSIBLE CAUSA	PATOLOGIAS																			
	Inestabilidad de la ventana	Inestabilidad de los elementos practicables	Inestabilidad de los acristalamientos	Deformaciones permanentes en los perfiles	Deformaciones excesivas bajo presión dinámica	Rotura de acristalamientos	Corrosión de anclajes o tornillería	Falta de estanqueidad al agua	Falta de permeabilidad al aire	Falta de aislamiento a ruido aéreo	Falta de aislamiento térmico	Falta de funcionalidad de los elementos practicables	Rayas en la superficie de los perfiles	Pérdida de brillo de los perfiles	Manchas y deterioro del acabado superficial de perfiles	Manchas y humedad en el perímetro de la ventana	Condensaciones en la cámara del doble acristalamiento	Pérdida de brillo, manchas y rayas en los acristalamientos	Corrosión de capas metálicas en acristalamientos	Falta de adherencia o rotura de los sellados exteriores
Falta de limpieza en ambientes agresivos																				
Limpieza con útiles inapropiados																				
Mal escuadrado de la hoja																				
Adhesivos de señalización no retirados a tiempo																				
Ingletes de hoja o marco sin macizar																				
Contacto con cementos o morteros durante el montaje																				
Falta de protección en el acopio o puesta en obra																				
Mal uso de hojas practicables																				
Mal ensamblaje entre marcos, hojas, montantes, travesaños...																				
Aplicación de cargas o empujes no previstos																				
Acristalamiento con calzos de geometría inapropiada																				
Drenaje de hoja o marco inexistente																				
Taladros exteriores de desagüe sin venturis																				
Dimensión insuficiente de taladros para drenaje																				
Suciedad en la canal de drenaje del marco																				
Juntas exteriores sin vulcanizar o discontinuas																				
Juntas interiores sin vulcanizar o discontinuas																				
Discontinuidades en sellados exteriores																				
Las juntas no presionan homogéneamente																				
Inexistencia de junta central entre hoja y marco																				
Inexistencia de cepillos en el cruce de hojas correderas																				
Retracción de juntas sin vulcanizar																				
Barrera de estanqueidad perforada																				

POSIBLE CAUSA	PATOLOGÍAS																				
	Inestabilidad de la ventana	Inestabilidad de los elementos practicables	Inestabilidad de los acristalamientos	Deformaciones permanentes en los perfiles	Deformaciones excesivas bajo presión dinámica	Rotura de acristalamientos	Corrosión de anclajes o tornillería	Falta de estanqueidad al agua	Falta de permeabilidad al aire	Falta de aislamiento a ruido aéreo	Falta de aislamiento térmico	Falta de funcionalidad de los elementos practicables	Rayas en la superficie de los perfiles	Pérdida de brillo de los perfiles	Manchas y deterioro del acabado superficial de perfiles	Manchas y humedad en el perímetro de la ventana	Condensaciones en la cámara del doble acristalamiento	Pérdida de brillo, manchas y rayas en los acristalamientos	Corrosión de capas metálicas en acristalamientos	Falta de adherencia o rotura de los sellados exteriores	
Utilización de sellantes incompatibles con lámina imperm.																					
Falta de limpieza en juntas (restos de obra, polvo o grasas)																					
Limpieza con chorro de agua a presión																					
Herraje incorrecto para dimensión y peso hoja																					
Desajustes en herrajes y reenvíos																					
Falta de mantenimiento (engrasado,...)																					
Manetas inapropiadas para mover practicables muy pesados																					
Mala situación de la maneta en hojas pivotantes																					
Acristalamiento sin calzos																					
Distancia incorrecta entre calzos																					
Material del calzo inapropiado																					
Choque térmico (sol-sombra, mobiliario, cortinas...)																					
Dimensionado de espesores incorrecto																					
Contacto directo entre elemento metálico y acristalamiento																					
Holguras perimetrales insuficientes entre marco y vidrio																					
Limpieza con productos abrasivos																					
Falta de limpieza en ambientes agresivos																					
Manipulación en el transporte no adecuada																					
Juntas entre molduras sin sellar																					
Molduras sin juntas de dilatación																					
Molduras con la dilatación impedida (fijaciones mecánicas, etc.)																					

POSIBLE CAUSA	PATOLOGÍAS																				
	Inestabilidad de la ventana	Inestabilidad de los elementos practicables	Inestabilidad de los acristalamientos	Deformaciones permanentes en los perfiles	Deformaciones excesivas bajo presión dinámica	Rotura de acristalamientos	Corrosión de anclajes o tornillería	Falta de estanqueidad al agua	Falta de permeabilidad al aire	Falta de aislamiento a ruido aéreo	Falta de aislamiento térmico	Falta de funcionalidad de los elementos practicables	Rayas en la superficie de los perfiles	Pérdida de brillo de los perfiles	Manchas y deterioro del acabado superficial de perfiles	Manchas y humedad en el perímetro de la ventana	Condensaciones en la cámara del doble acristalamiento	Pérdida de brillo, manchas y rayas en los acristalamientos	Corrosión de capas metálicas en acristalamientos	Falta de adherencia o rotura de los sellados exteriores	
Tapa de registro sin aislamiento térmico																					
Unión entre cilindro y persiana con materiales inapropiados																					
Falta de previsión de juntas de dilatación																					

### 10.3. NORMA ESPAÑOLA DE COLOCACIÓN DE VENTANAS

En la actualidad se dispone de una norma española que incluye los criterios para la instalación de ventanas:

- UNE 85219:1986 IN. Ventanas. Colocación en obra.

La norma está siendo revisada por el Comité Técnico de Normalización AEN CTN 085 de AENOR para actualizar sus contenidos, esperando su publicación como norma española durante el año 2016.

### 10.4. RECOMENDACIÓN RESPECTO A LA INSTALACIÓN DE VENTANAS

Para garantizar la eficiencia energética de la ventana y el resto de prestaciones de la ventana es fundamental una correcta instalación de la misma, que garantice que las prestaciones de la ventana se mantienen tras la instalación y durante la vida útil de la ventana.

Por ello, es necesario recurrir a profesionales que garanticen una instalación correcta de las carpinterías, asegurando así que se mantienen sus propiedades reflejadas en su correspondiente marcado CE.

## **BIBLIOGRAFÍA**

ASEFAVE (2009): «Manual de producto. Ventanas. 2.ª edición». Ed. AENOR, Madrid, España.

ASEFAVE (2011): «Manual de instalación de ventanas». Ed. TECNOPRESS EDICIONES. Barcelona, España.

Norma UNE 85219. Ventanas. Colocación en obra.



# 11

## INSPECCIÓN DE VENTANAS MEDIANTE TERMOGRAFÍA INFRARROJA Y TEST DE ESTANQUEIDAD «BLOWER DOOR»



En esta Guía se ha hecho un interesante recorrido sobre todo aquello que debe conocerse acerca de la ventana, desde sus propiedades térmicas que nos permitirán aislarnos del exterior, los diferentes tipos de vidrios y marcos que ofrece el mercado, los herrajes y sistemas de apertura, los capialzados y elementos de regulación y control solar y su colocación y sellado. Todo un recorrido que al lector de esta Guía le hace pensar en la ventana que tiene en su casa. ¿Será la adecuada? ¿Estará bien colocada?

En vano sería nuestro esfuerzo de invertir en un buen acristalamiento si su puesta en obra es deficiente.

Este capítulo pretende proporcionar dos herramientas de diagnóstico, cualitativo y cuantitativo, para comprobar las propiedades de la ventana y su correcto montaje, en el caso de obra nueva o rehabilitación de la vivienda, o los posibles defectos que pueda tener simplemente por la antigüedad de la misma y su uso.

Estas herramientas serán de gran utilidad tanto a los profesionales (usuarios de estas herramientas o servicios) como a los particulares (demandantes de estos servicios). Estas herramientas son la **Termografía Infrarroja** y el **Test de Estanqueidad** (Fotos 11.1 y 11.2).



**Foto 11.1 y 11.2.** Imágenes de una cámara termográfica visualizando una ventana y un test de estanqueidad en desarrollo, ambos en obra nueva.



Estas herramientas se muestran más provechosas de manera preventiva, por ejemplo realizar un test de estanqueidad en una vivienda unifamiliar, cuando la envolvente está terminada, nos puede poner de manifiesto defectos en el montaje de las ventanas que podemos no arrastrar hasta la entrega de la obra al cliente final, cuando ya difícilmente podremos detectarlas o de hacerlo, serán siempre más costoso repararlas.

Después, cuando el trabajo está hecho y deshacerlo es costoso, es cuando aparecen los problemas. Frío, condensaciones, entradas de aire, exceso de radiación solar y otros problemas que ya serán de difícil solución y a veces incluso inviable y en todos los casos, costosa.

Sin entrar en detalles técnicos sobre los principios de la termografía infrarroja y el test de estanqueidad (Fenercom ya dispone de una Guía específica sobre Termografía y otras Guías donde en algún capítulo se desarrolla el test de estanqueidad), este capítulo se centrará en las patologías que podemos localizar con una inspección termográfica y la información que nos puede proporcionar un test de estanqueidad. Para ellos dividiremos el capítulo en las dos situaciones que nos podemos encontrar, bien como profesionales o bien como personas de la calle.

Estas dos situaciones son:

- 11.1. Vivienda de nueva construcción
- 11.2. Rehabilitación de una vivienda

### **11.1. VIVIENDA DE NUEVA CONSTRUCCIÓN**

#### **11.1.1. Test de Estanqueidad**

Realizar a la vivienda nueva un test de estanqueidad (un test si es unifamiliar o varios en diferentes viviendas si se trata de vivienda en bloque) permitirá al constructor o promotor tener un parámetro cuantitativo y cualitativo a cerca de la calidad de la ejecución de la obra, además de los que ya haya realizado y que sean exigidos por la actual normativa.

Cabe recordar que estas dos pruebas no son, a día de hoy, exigidos por nuestra reglamentación, no así en otros países de la Unión Europea

que sí exigen la realización de estas pruebas y la obtención de unos valores mínimos, por ejemplo de estanqueidad al aire (Tabla 11.1).

EU Member State	Air tightness requirements at 50 Pa pressure	
	Naturaal ventilation	Mechanical ventilation
Czech Republic	4,5 l/h	w/o heat recovery: 1.5 l/h with heat recovery: 1.0 l/h
Germany	3.0 l/h or 7.8 m <sup>3</sup> /h per m <sup>2</sup> floor area	1.5 l/h or 3.9 m <sup>3</sup> /h per m <sup>2</sup> floor area
	Leakage rate per façade area: 3.0 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> h	
Denmark	1.5 l/s per m <sup>2</sup> floor area	
Norway	3.0 l/h	
The Netherlands	Dwellings: 200 dm <sup>3</sup> /s (at 10 Pa) Non-residential buildings: 200 dm <sup>3</sup> /s per 500 m <sup>3</sup> (at 10 Pa)	
United Kingdom of Great Britain	New dwellings and new commercial and public buildings over 500 m <sup>2</sup> : 10m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> h (states as reasonable limit for the design air permeability in building regulations 2000 L1A and L2A)	

**Tabla 11.1.** Requerimientos de estanqueidad al aire de algunos países de la Unión Europea.

El test de estanqueidad se recomienda hacer con la envolvente terminada (ventanas ya colocadas), aunque queden remates por hacer.

En esta fase de la obra nos va a aportar datos cuantitativos y cualitativos:

#### Datos cuantitativos:

- La tasa de renovaciones por hora (ren/h) para una diferencia de presión entre el exterior y el interior de 50 Pascales. Este valor se conoce como n50.
- El caudal de aire (m<sup>3</sup>/h) que está entrando a la vivienda (para esa diferencia de presión) por diferentes grietas y defectos constructivos de la vivienda
- El caudal de aire que está entrando en la vivienda a diferencias de presión menores, hasta los 25 Pa, o mayores, hasta los 75 Pa.
- Podremos comparar el valor n50 de una vivienda con otra, igual o diferente, con el fin de ver qué ventana (tipo, fabricante y modelo, etc.) nos da mejor resultado



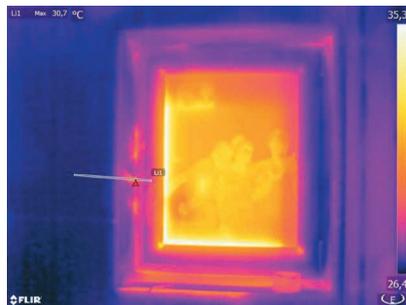


- Podremos cuantificar *in situ*, en  $\text{m}^3/\text{h}$ , el valor de una mejora aplicada, durante el test de estanqueidad o después de aplicar la mejora, en otro día.

#### Datos cualitativos:

- Podremos localizar los puntos de entrada del aire. En el caso que nos ocupa, las ventanas, podremos ver si el aire entra por los junquillos, tapajuntas, sellado, unión del vidrio al marco o el capialzado. Se pueden localizar con ayuda de una cámara termográfica, humos, anemómetros o incluso con la misma mano.
- Podremos conocer tanto el punto de entrada de aire como su alcance (estimado) en función de su huella térmica o cantidad de humo que entra
- Podremos conocer si tras aplicar las medidas correctoras oportunas se ha subsanado o no el problema y en qué grado

Ejemplos concretos de defectos encontrados en ventanas durante la realización de un test de estanqueidad:

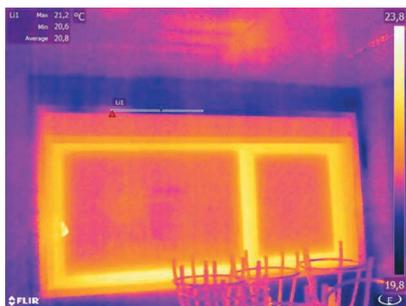


**Fotos 11.3 y 11.4.** Vivienda pasiva en ejecución en Rivas Vaciamadrid. Las exigencias de estanqueidad son máximas para este tipo de viviendas que no deben superar el valor n50 de 0,6  $\text{ren}/\text{h}$ .

En esta vivienda el resultado del test de estanqueidad fue de 0,52  $\text{ren}/\text{h}$  y se lograron detectar algunas entradas de aire como la de la imagen que ayudarán a reducir algo más este valor.

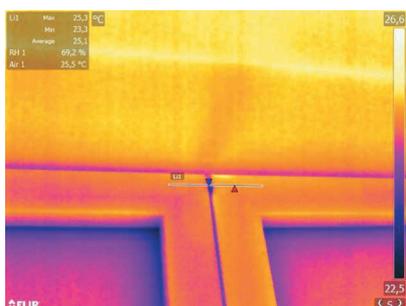
En la imagen se aprecia la entrada de aire exterior (aire caliente ya que el test se hizo en verano y la temperatura exterior era superior a la interior) coincidiendo con la manivela de apertura de la ventana, un punto débil junto con las bisagras.

## Inspección de ventanas mediante termografía infrarroja y test de estanqueidad «blower door»



**Fotos 11.5 y 11.6.** Test de estanqueidad en un Instituto de Educación Secundaria.

En la Foto 11.5 se aprecian las entradas de aire en la parte superior, marcadas con una punta de flecha azul sobre Li1. Se encuentran en el capialzado de la ventana, un elemento al que prestar especial cuidado ya que comunica directamente con el exterior y debe estar bien sellado y en la medida de lo posible aislado también.



**Fotos 11.7 y 11.8.** Test de estanqueidad en vivienda unifamiliar.

Se aprecian entradas de aire en el cierre de las ventanas. No deja una huella térmica relevante sobre el marco ya que entra perpendicular a éste pero el alcance es importante.



**Fotos 11.9 y 11.10.** Test de estanqueidad en promoción de viviendas en bloque en la zona centro de Madrid.

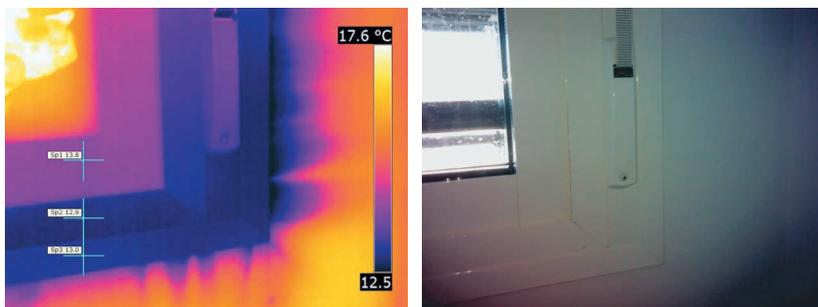




Se aprecian en la imagen numerosos puntos de entrada de aire exterior. En la parte superior de la ventana se aprecia entrada importante de aire en el capialzado.

Llama la atención el **mecanismo motorizado** de persianas en las ventanas, rodeado con un círculo, en el que vemos entradas de aire importantes, así como en los interruptores que accionan la persiana.

En ambientes con elevados índices de contaminación como es el caso de la zona centro de Madrid, la estanqueidad de las ventanas es un factor importantísimo para garantizar un ambiente saludable en el interior de las viviendas.



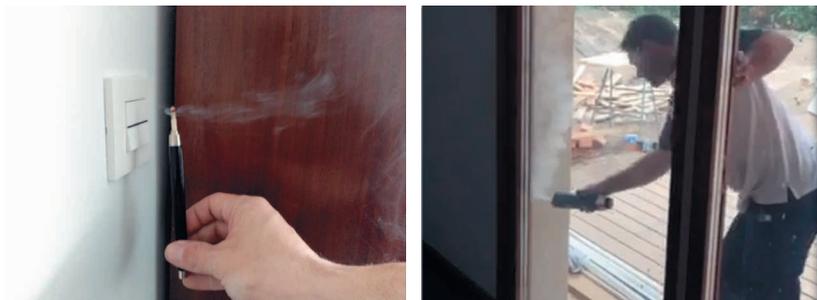
**Fotos 11.11 y 11.12.** Test de estanqueidad en promoción de viviendas en bloque en la zona norte de Madrid.

Se aprecian entradas de aire en todo el perímetro de la ventana, en su unión al hueco, por un defectuoso montaje sobre este.

Las entradas de aire como la de esta imagen originan en los usuarios corrientes de aire muy desagradables y por supuesto un incremento de su factura energética como consecuencia de la rápida renovación del aire.

Como vemos en la imagen, el aire frío entra en la vivienda y desplaza al aire caliente al ser más denso que éste, forzándolo a salir de la vivienda por otros huecos y grietas. Este proceso de renovación del aire es tanto más rápido cuanto mayor es el contraste térmico y la velocidad del viento.

Con el empleo de una **máquina de humos o el lápiz de humos** también podemos localizar las entradas de aire. Situándonos en el exterior con la máquina de humos encendida, aplicamos humo en todo el marco de la ventana y desde el interior podremos ver cómo penetra éste por diferentes puntos.



**Fotos 11.13 y 11.14.** Empleo del lápiz de humos y la máquina de humos para localizar la entrada del humo en la vivienda.

### 11.1.2. Inspección Termográfica

La realización de inspecciones termográficas en obra nueva es compleja ya que en general carecemos de suficiente contraste térmico entre el exterior y el interior, al no estar entregadas las viviendas y el edificio no posee inercia térmica.

Necesitaremos de una cámara con muy buena sensibilidad térmica para localizar defectos de aislamiento, puentes térmicos y otras patologías.

Sin embargo pueden realizarse cuando ya han comenzado a vivir los propietarios con el fin de analizar el comportamiento energético de las viviendas para futuras mejoras en otras promociones.

Respecto a las ventanas, podemos centrar la inspección en la localización de entradas de aire. Si no realizamos un test de estanqueidad, deberemos hacer la inspección en condiciones de viento moderado a fuerte, aunque en su ausencia no detectaremos este defecto.

También podría darse el caso de partidas defectuosas de vidrios o marcos que pudiéramos detectar por diferencia de temperatura respecto a los correctos, que serían mayoría.

## 11.2. REHABILITACIÓN DE UNA VIVIENDA

### 11.2.1. Test de Estanqueidad

Los datos cualitativos y cuantitativos definidos en el punto 11.1.1 son igualmente válidos para el caso de una rehabilitación de una vivien-





da, unifamiliar o en bloque. Igualmente, las imágenes que hemos mostrado en el punto 11.1.1 son prácticamente idénticas a las que podemos encontrar cuando revisamos una vivienda con termografía mientras realizamos un test de estanqueidad.

A mayores, en una rehabilitación también nos dará información acerca de las zonas de la vivienda en las que debemos prestar especial atención a la hora de acometer la rehabilitación y tras ésta, el repetir el test nos dirá la reducción de la tasa de infiltraciones que hemos obtenido, siempre en función del alcance de dicha rehabilitación.

Si ésta incluye la sustitución de las ventanas y en su colocación hemos incluido soluciones para su correcto montaje (sellado, uniones estancas, etc.). La reducción de la tasa de renovaciones será importante pues las ventanas son el principal foco de entrada de aire exterior de una vivienda.



**Foto 11.15 y 11.16.** Test de estanqueidad en la vivienda del Proyecto PREI. Fuente ANERR.

En las imágenes superiores podemos ver el test que se realizó en la rehabilitación de las viviendas del Proyecto PREI, en el barrio de Fuen-carral en Madrid.

El test de estanqueidad de la vivienda original puso de manifiesto la necesidad de mejorar las ventanas, no sólo por lo deficiente de su composición (vidrio y marco), también por las más que evidentes entradas de aire que tenía.



TEST DE ESTANQUEIDAD (BLOWER DOOR)	V50 (m³/h)	N50 (1/h)
Vivienda sin rehabilitar	700	4.9
Vivienda rehabilitada	398	2.8

**Tabla 11.2.** Mejora de la estanqueidad de la vivienda tras la rehabilitación.

**Pero, ¿Qué supone mejorar la estanqueidad?**

En la siguiente Tabla podemos hacernos una idea del ahorro del consumo que lleva aparejado una mejora en la estanqueidad de la vivienda. Y siendo las ventanas los mayores responsables de esas infiltraciones, está claro que debemos asegurarnos del correcto montaje de éstas.

ARCHIVO CLIMATOLOGICO TIPO PARA MADRID DOE-2					T <sub>int</sub>	T <sub>int</sub> -Text	Energía inf (W)
mes	día	Hora del año	Hora del día	T <sup>3</sup> exterior			
ENERO	01-ene	1	1	10	20	10	220,32
ENERO		2	2	9,5	20	10,5	231,34
ENERO		3	3	9	20	11	242,35
ENERO		4	4	8,4	20	11,6	255,57
ENERO		5	5	7,9	20	12,1	266,59
ENERO		6	6	7,3	20	12,7	279,81
ENERO		7	7	6,8	20	13,2	290,82
ENERO		8	8	7,1	20	12,9	284,21
ENERO		9	9	8,6	20	11,4	251,16
ENERO		10	10	10,7	20	9,3	204,90
ENERO		11	11	12,1	20	7,9	174,05
ENERO		12	12	12,1	20	7,9	174,05
ENERO		13	13	11,7	20	8,3	182,87
ENERO		14	14	10,7	20	9,3	204,90
ENERO		15	15	10,6	20	9,4	207,10

RESUMEN	
ENERO	247,87 kWh
FEBRERO	200,87 kWh
MARZO	191,34 kWh
ABRIL	150,35 kWh
MAYO	100,63 kWh
OCTUBRE	103,61 kWh
NOVIEMBRE	187,99 kWh
DICIEMBRE	241,46 kWh
<b>total 3 ren/h</b>	<b>1.424,12 kWh</b>
<b>total 6 ren/h</b>	<b>2.848,25 kWh</b>
<b>dif.</b>	<b>1.424,12 kWh</b>
<b>dif.</b>	<b>99,69 €</b>

**Tabla 11.3.** Mejora de la estanqueidad en una vivienda de 90 m<sup>2</sup> de superficie útil. Fuente CP Grupo.

Como vemos en la Tabla 11.3, la mejora de la estanqueidad es de 3 puntos, de 6 ren/h a 3 ren/h, lo que se traduce en un ahorro de 1.424,12 kWh al año.

Se trata de un ahorro importante, pero más importante aún es la mejora del confort, evitando corrientes de aire molestas en las zonas próximas a las ventanas.



### 11.2.2. Inspección Termográfica

Es en la rehabilitación de una vivienda cuando la inspección termográfica cobra importancia. Nos pondrá de manifiesto los principales defectos de la vivienda que deben tenerse en cuenta a la hora de acometer la rehabilitación. Tras ésta, una nueva inspección (siempre mejor en condiciones de invierno) nos dirá el éxito de la rehabilitación.

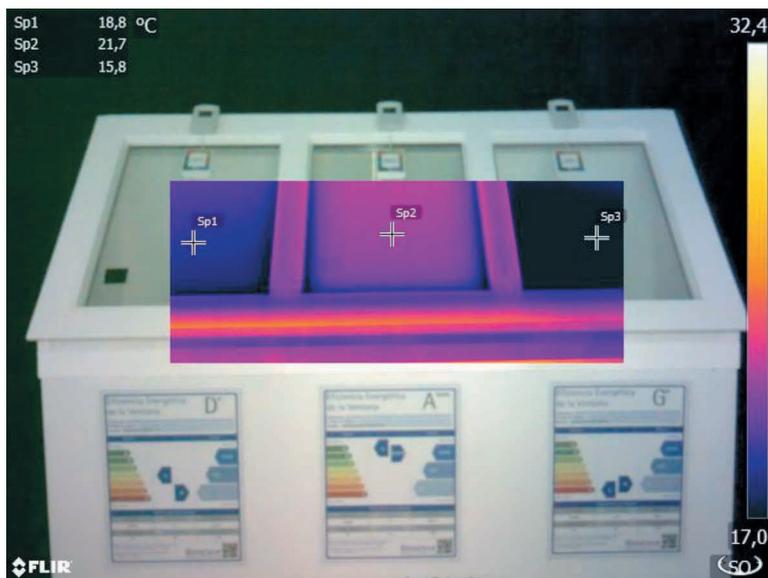
En el caso de las ventanas, elementos que nos pueden permitir ahorrar bastante energía y mejorar el confort de la vivienda, la inspección termográfica nos aporta la siguiente información:

- Determinación de las pérdidas energéticas a través del hueco y su peso respecto a otros elementos de la vivienda.
- Localización de los puentes térmicos del marco, capialzado, cargaderos y otros elementos de la ventana.
- Entradas de aire en las juntas, unión al hueco, marco, entre las hojas, capialzados y otros puntos de la ventana.
- Ahorro energético obtenido, tanto de manera cuantitativa y cualitativa.

Estos defectos, tras la sustitución de las ventanas por otras más eficientes, deben quedar eliminados o reducidos al máximo y la inspección termográfica final nos dará esta información.

Así, esta herramienta es de gran utilidad tanto para el instalador o empresa de rehabilitación, la dirección de la obra o el cliente final.

Un aspecto a resaltar de la termografía lo tenemos en el conocido dicho de «una imagen vale más que mil palabras» y es que, en ocasiones, nos perdemos en cifras sobre ahorro energético (kWh, €/kW, etc.) o características de un material (U, k, etc.) sin darnos cuenta que el argumento a favor de una sustitución de ventanas nos lo puede dar una simple imagen termográfica:



**Foto 11.17.** Termografía de 3 tipos de ventanas diferentes, clase D, A y G respectivamente. Fuente: Saint-Gobain Glass – CITAV - (Centro de Información Técnica de Aplicaciones de Vidrio)

Lo que estamos viendo en la imagen anterior es una cámara frigorífica en la que la tapa superior se ha sustituido por tres ventanas.

El interior está a  $-14\text{ °C}$  y el exterior a  $22\text{ °C}$ .

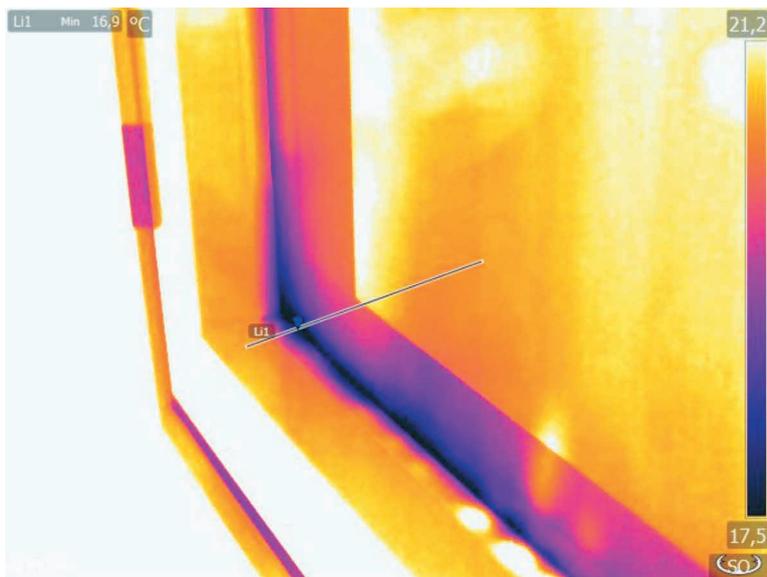
La pregunta es sencilla, ¿Qué composición eliges para tu vivienda?

Las composiciones de las tres ventanas son, de izquierda a derecha:

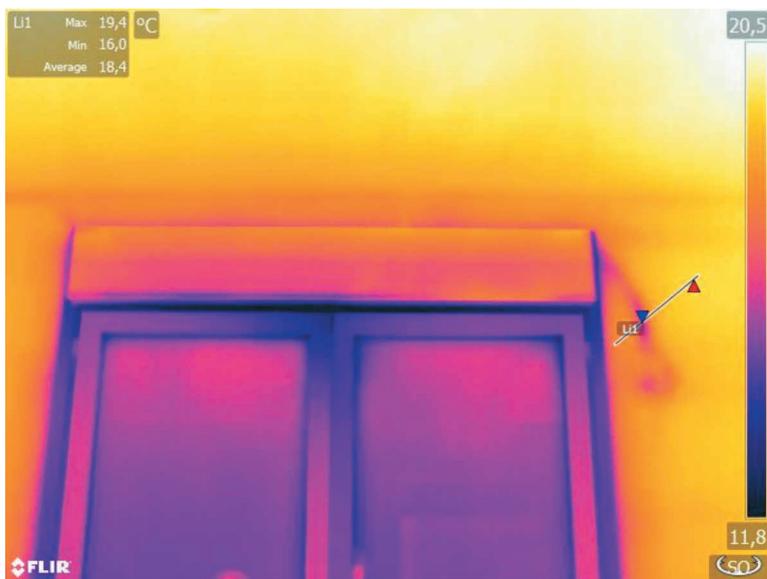
- SGG CLIMALIT 4 (16air) 4  
*Doble acristalamiento con cámara*  
 $U = 2,7\text{ W/m}^2\text{K}$ .  $g = 0,78$
- SGG CLIMALIT PLUS PLANITHERM 4S 4 (16air) 4  
*Doble acristalamiento con cámara y capa Bajo Emisiva y Control Solar*  
 $U = 1,3\text{ W/m}^2\text{K}$ .  $g = 0,42$
- SGG PLANILUX 6mm  
*Vidrio simple de una hoja de 6mm*  
 $U = 5,7\text{ W/m}^2\text{K}$ .  $g = 0,84$



## Inspección de ventanas mediante termografía infrarroja y test de estanqueidad «blower door»



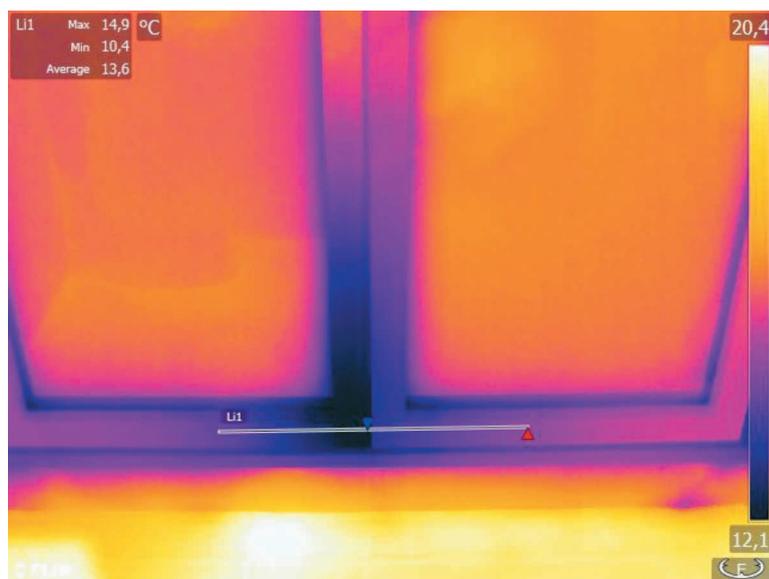
**Foto 11.19.** Vemos más en detalle la junta defectuosa que debe sellar y unir el vidrio con el marco. En la línea trazada en la termografía, perpendicular al marco, el punto frío se sitúa justo encima de la junta, por donde está entrando el aire exterior.



**Foto 11.20.** En la línea Li1 se aprecia un punto frío debido a la roza por el que discurre el cableado del mecanismo motorizado de la persiana. Si no se ejecuta bien, este mecanismo comunicará el exterior de la vivienda con el interior.



**Foto 11.21.** Un defecto muy habitual que encontramos es el de no colocar aislamiento bajo los grandes ventanales. Esto es debido al poco espacio que deja la ventana para colocarlo pero que de no hacerlo, deja libre el paso de aire bajo el rodapié.



**Foto 11.22.** Cierre defectuoso y poco estanco de las dos hojas de la ventana

Inspección de ventanas mediante termografía infrarroja y test de estanqueidad «blower door»



Foto 11.23. Capiado con entradas de aire en la parte superior

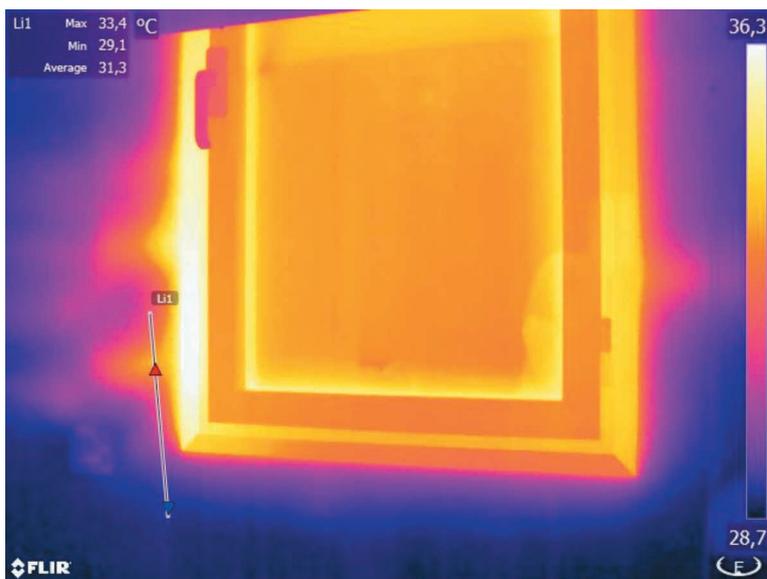
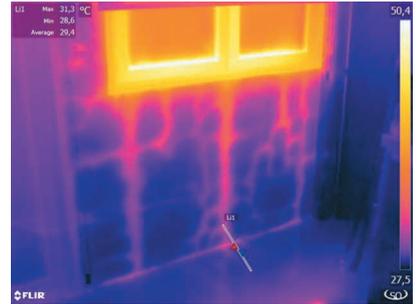
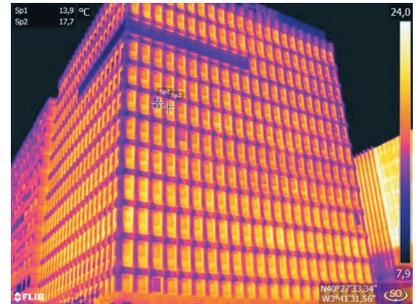


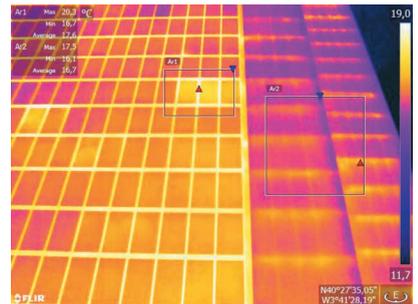
Foto 11.24. Entradas de aire caliente exterior. En verano las entradas de aire en la vivienda se ven con un patrón térmico diferente al de invierno, sobre todo si la fachada está soleada en ese momento.



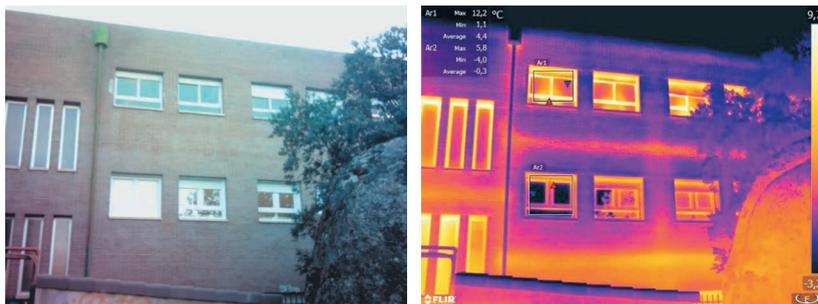
**Foto 11.25 y 11.26.** En la imagen visible vemos que se trata de una cocina y bajo la ventana hay azulejos. El aire que está penetrando por la mala unión de la ventana al hueco, circula por la cámara de aire y otros huecos de la fachada hasta que encuentra un punto de entrada en la vivienda, en este caso en la unión del suelo a la fachada.



**Foto 11.27 y 11.28.** La imagen visible no nos aporta mucha información, sin embargo, prestando un poco de atención a la termografía detectamos un vidrio con posibles propiedades diferentes al resto. Esto puede ser debido a una sustitución por rotura. En ocasiones en edificios de oficinas antiguos ya no se disponen de los vidrios originales y ante cualquier rotura se sustituye por uno similar, pero nunca igual como muestra la termografía.



**Foto 11.29 y 11.30.** Se detectan dos vidrios (A1) con mayor transmisión de calor. Tratándose de una zona diáfana en el interior, debemos ya de continuar la inspección desde el interior para detectar el motivo de esta diferencia de temperatura.



**Foto 11.31 y 11.32.** Detección cualitativa de mejoras energéticas en la sustitución del conjunto acristalado. Fuente: Isover Saint-Gobain y Fenercom.

La rehabilitación de los huecos ha consistido en:

- Ventanas originales: doble ventana ambas de aluminio sin RPT con vidrios de 6 mm (la ventana interior) y 4 mm (la ventana exterior)
- Ventanas nuevas: carpinterías PVC con RPT (Serie Eurofutur Elegance de Kömmerling con cajón de Persiana ROLAPLUS de Kömmerling con aislamiento térmico. Vidrio SGG CLIMALIT PLUS SILENCE 4S F2 6 ( 16 argon 90% ) 44.1Si. Transmitancia total: 1,5 W/m<sup>2</sup>K

En la planta superior (ventanas originales) vemos más transmisión de calor tanto en el vidrio como en el marco e incluso apreciamos la huella térmica que deja el calor que emite el radiador (Ar1).

En la planta baja no apreciamos transmisión de calor alguna.

### 11.3. CONCLUSIONES

La ventana nos aporta luz natural en las viviendas u oficinas a la vez que nos proporciona aislamiento térmico y acústico. Es un elemento básico de todo edificio y al que se le presta mucha atención.

Sin embargo, una vez seleccionada la ventana adecuada para el edificio, su puesta en obra es igualmente importante para que la ventana pueda cumplir con su función, la del paso de la luz natural y el aislamiento.



# 12 CASO PRÁCTICO



## 12.1. INTRODUCCIÓN

El análisis, como caso práctico, de los consumos energéticos ligados a una mejora de las ventanas en un caso real de una vivienda definida y en uso, puede presentar algunos inconvenientes.

El consumo energético del edificio o vivienda, tanto en la situación inicial previa a la intervención, como una vez mejoradas las ventanas por otras más eficientes, se ven afectados por múltiples parámetros variables que, en función de su intensidad, pueden influir definitivamente en los resultados del consumo energético estudiado. Así encontramos que el régimen de temperaturas de un año puede ser sensiblemente diferente al del año siguiente influyendo en el consumo energético necesario. Los hábitos del usuario, en función de esa climatología y sus necesidades, fines de semana, ventilación, no permanecen estables durante el periodo analizado. El periodo de calefacción puede ser modificado por la comunidad de vecinos en función de la climatología y ser unas semanas más largo o más corto, etc.

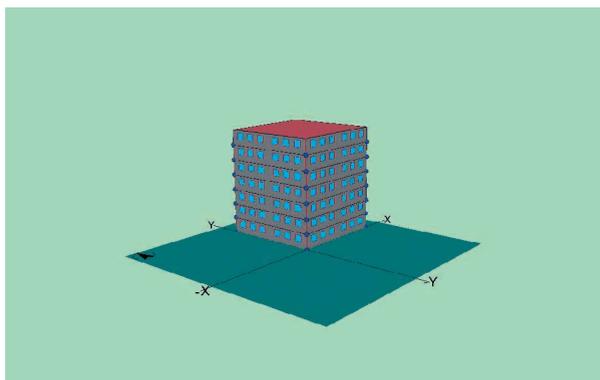
Para una correcta evaluación del impacto de la mejora obtenida sería necesario considerar los consumos de varios años previos y posteriores tomando valores medios y evitando las variaciones puntuales.

Por ello, como caso práctico para evaluar hasta qué punto un cambio de las ventanas por otras energéticamente más eficientes tiene influencia sobre las características energéticas de la vivienda o bloque, se presenta a continuación una simulación de la demanda energética del edificio realizada a través del programa oficial de calificación energética CALENER\_VYP. De esta forma permanece constante tanto la climatología anual como el régimen de uso de la vivienda obteniendo. Así se considera el siguiente caso.



## 12.2. EDIFICIO MODELO E HIPÓTESIS DE CÁLCULO

Edificio de viviendas en bloque, de 7 plantas de altura, orientado a los cuatro puntos cardinales (Fig. 12.1) situado en Madrid, zona Climática D3 (Edificio simulado y analizado en el Estudio de la Mejora de la Eficiencia Energética por renovación de Ventanas - Influencia en la demanda de energía por simulación CALENER – ANDIMAT Diciembre 2012)



**Figura 12.1.** Edificio objeto de la simulación  
Fuente: CALENER\_VYP.- Estudio ANDIMAT.

Se utiliza este modelo de alta compacidad que permite evaluar las pérdidas por los huecos minimizando el efecto de otros parámetros. Con el mismo objeto se consideran la solera y la cubierta como elementos adiabáticos de forma que no exista flujo térmico en estos elementos, al igual que no se produce entre plantas que se encuentran a igual temperatura.

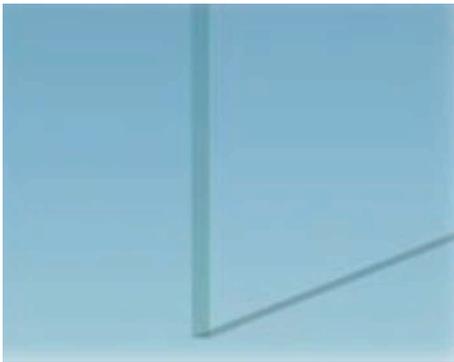
Para no magnificar el efecto de las ventanas, los muros de la envolvente se consideran con un aislamiento inferior al exigido por el CTE 2006 respondiendo a una situación, anterior a la propia norma, que puede ser objeto de rehabilitación.

Así se consideran transmitancias térmicas de los muros un 5 % superiores a las exigidas para la misma zona climática D3 en el CTE 2006 – DB HE1. Los cerramientos opacos se consideran con valor  $U = 0,69 \text{ W/m}^2\text{K}$  en lugar de  $U = 0,66 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

Igualmente se toman en consideración instalaciones de calefacción centralizada con gas natural y un sistema de agua caliente sanitaria (ACS) centralizado.

En relación a las ventanas, el edificio objeto cuenta con el 20% de huecos en fachada, igual para todas las orientaciones, y se contemplan tres soluciones diferentes para el cerramiento, realizando la simulación CALENER para cada una de ellas y comparando los resultados obtenidos.

**Solución 1:** Ventana formada por vidrio sencillo, de una hoja, sobre marco metálico, normalmente de aluminio. Esta tipología de ventana, recogida en la Foto 12.1 y Foto 12.2, ha sido habitual durante una época hace algunos años. Sus prestaciones se recogen en la Tabla 12.1.



**Foto 12.1.** Vidrio Monolítico de escasa capacidad aislante y escaso control solar. Fuente: Saint-Gobain Glass

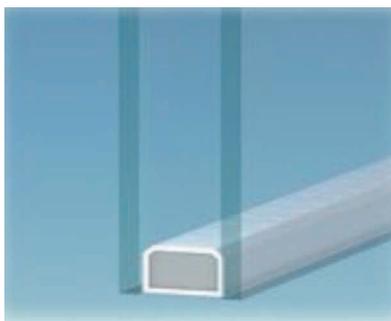


**Foto 12.2.** Marco metálico sin rotura de puente térmico. Fuente: Propiedad del autor.



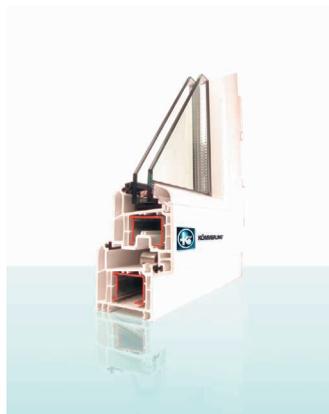


**Solución 2:** Cerramiento realizado con carpintería metálica sin rotura de puente térmico, igual al caso anterior mostrado en la Foto 12.2 pero en este caso con doble acristalamiento tradicional básico 4/6/4 como ilustra la Foto 12.3. Esta solución mejora el acristalamiento pero no mejora la transmitancia térmica del marco. Se consideran los mismos parámetros de permeabilidad, absortividad, participación de vidrio/marco que en el caso anterior, como también se recoge en la Tabla 12.1.

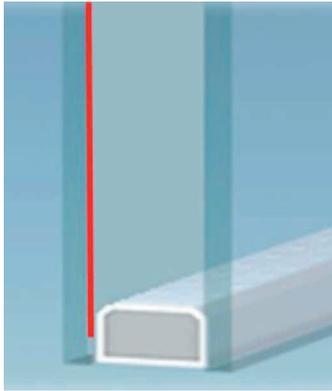


**Foto 12.3.** Doble acristalamiento tradicional sGG CLIMALIT 4/6/4 básico.  
Fuente: Saint-Gobain Glass

**Solución 3:** Se considera una ventana de alta eficiencia formada por un marco de baja transmitancia  $U=1,3 \text{ W/m}^2$ , habitual en carpinterías de PVC como la mostrada en la Foto 12.4, con una permeabilidad reducida y dotada de un acristalamiento de Aislamiento Térmico Reforzado (ATR) con control solar reforzado sGG CLIMALIT PLUS con PLANITHERM 4S en composición 4/16/4 con unas prestaciones energéticas de  $U= 1.3 \text{ W/m}^2\text{K}$  y factor solar  $g = 0.43$  presentado en la Foto 12.5. Todos los datos de esta solución se recogen en la Tabla 12.1.



**Foto 12.4.** Carpintería muy aislante realizada en PVC con doble acristalamiento. Fuente: Kömmerling.



**Foto 12.5.** Doble acristalamiento (ATR) SGG CLIMALIT PLUS con PLANITHERM 4S.  
Fuente: Saint-Gobain Glass

Previamente a los resultados de la simulación puede considerarse que a menor valor de la **transmitancia térmica U** ( $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ ) menor es la cantidad de calor atravesada a través de la ventana por unidad de superficie y, consecuentemente, mejor aislamiento cuanto menor sea este valor. Igualmente, en régimen de refrigeración, cuanto menor sea el **factor solar g**, menor será el la energía solar que atraviesa el acristalamiento, reduciéndose la demanda de refrigeración cuanto menor sea este valor.

La comparativa de los resultados de las tres simulaciones permitirá evaluar si la reducción de aportes solares gratuitos en invierno producidos por un menor factor solar se ve compensado por el mayor aislamiento proporcionado por un vidrio ATR de las características de SGG CLIMALIT PLUS con PLANITHERM 4S.

Respecto a la permeabilidad se considera una fuerte reducción considerando que entre las ventanas metálicas puras existe una gran variedad de calidades y algunas con baja permeabilidad pero se corresponden con productos de muy alta calidad poco habituales en el mercado. Una parte importante corresponde a ventanas correderas y abatibles de alta permeabilidad. En el caso de ventanas acristaladas con vidrios monolíticos suelen corresponder a situaciones susceptibles de rehabilitación y presentar permeabilidades elevadas. Los marcos metálicos instalados habitualmente hace años no ofrecían permeabilidades reducidas. Por el contrario la las ventanas de PVC suelen ser muy estancas presentando permeabilidades reducidas alcanzando fácilmente el valor considerado.





SOLUCIONES CONSIDERADAS			
PARÁMETRO / CARACTERÍSTICA	SOLUCIÓN 1	SOLUCIÓN 2	SOLUCIÓN 3
Descripción	Ventana metálica con monolítico	Ventana metálica con doble acristalamiento básico	Ventana PVC con Doble acristalamiento ATR CLIMALIT PLUS
Marco	Metálico	Metálico	PVC
% Marco	25	25	30
Um (W/m <sup>2</sup> K)	5.7	3.3	1.3
Permeabilidad 100 Pa (m <sup>3</sup> /h#m <sup>2</sup> )	25	25	1
Absortividad $\alpha$	0.50	0.50	0.50
Acristalamiento	Monolítico 4mm	Doble Acristalamiento	CLIMALIT PLUS con PLANITHERM 4S
Composición (mm)	4	4/6/4	4/16/4
% Acristalamiento	75	75	70
Uv (W/m <sup>2</sup> K)	5.7	3.3	1.3
Factor solar g	0.85	0.75	0.43

**Tabla 12.1.** Características y prestaciones de las soluciones adoptadas.  
Fuente: Estudio ANDIMAT.

### 12.3. METODOLOGÍA

Para evaluar la reducción de la demanda atribuible a un cambio de ventana o a la incorporación de cada una de las soluciones consideradas como hipótesis se realiza la simulación CALENER del mismo edificio tres veces con la única modificación realizada es la correspondiente a las ventanas obteniendo así la demanda energética de calefacción y refrigeración obteniendo para cada solución.

Posteriormente se realiza la comparación entre las tres posibilidades contempladas:

**Solución 3 frente a solución 1:** impacto de la mejora de una mala ventana poco aislante, por una ventana de altas prestaciones energéticas. Representaría la rehabilitación de una ventana de los años 70 o anteriores.

**Solución 3 frente a solución 2:** representa la mejora obtenida por la colocación de una ventana energéticamente eficiente frente a una ventana mediocre, muy habitual en la edificación hasta hace pocos años.

**Solución 2 frente a solución 1:** como efecto aportado por una mejora del aislamiento ofrecido por el acristalamiento al sustituir un vidrio monolítico con  $U=5,7 \text{ W/m}^2\text{K}$  por un doble acristalamiento con  $U=3,3 \text{ W/m}^2\text{K}$ .



La valoración se realiza en términos de valor de demanda (kWh/m<sup>2</sup>) y porcentaje de reducción. Se desprecian los decimales para evitar efectos secundarios sobre los porcentajes de variación.

De esta forma se obtienen los valores y variaciones porcentuales presentados en la Tabla 12.2 y que se relacionan a continuación:

- Demanda energética de calefacción del edificio con solución 1
- Demanda energética de calefacción del edificio con solución 2
- Demanda energética de calefacción del edificio con solución 3

De igual forma se actúa para la demanda de refrigeración:

- Demanda energética de refrigeración del edificio con solución 1
- Demanda energética de refrigeración del edificio con solución 2
- Demanda energética de refrigeración del edificio con solución 3

Para cada comparación se calcula el porcentaje de mejora del paso de una solución a otra según se recoge en la Tabla 12.2.

## 12.4. RESULTADOS

Los resultados obtenidos en las tres simulaciones realizadas se presentan en las Figuras 12.2, 12.3 y 12.4 que recogen la clasificación energética obtenida en cada caso simulado para el edificio objeto del cálculo de su demanda energética.

Certificación Energética de Edificios Indicador kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	Edificio Objeto	Edificio Referencia
	← 29.7 D	23.8 D
Demanda calefacción kWh/m <sup>2</sup>	E 67,8	D 66,7
Demanda refrigeración kWh/m <sup>2</sup>	C 8,4	C 9,5
Emisiones CO <sub>2</sub> calefacción kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	D 17,3	D 18,2
Emisiones CO <sub>2</sub> refrigeración kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	D 3,2	D 3,6
Emisiones CO <sub>2</sub> ACS kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	E 3,2	D 2,0

**Figura 12.2.** Calificación energética del edificio objeto alcanzada con **solución 1**. Fuente: CALENER\_VYP.- Estudio ANDIMAT.



Certificación Energética de Edificios Indicador kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	Edificio Objeto	Edificio Referencia
0-5 A		
6-11.1 B		
11.1-17.3 C		
17.3-26.6 D	21.9 D	23.7 D
>26.6 E		
F		
G		
Demanda calefacción kWh/m <sup>2</sup>	D 60,5	D 56,7
Demanda refrigeración kWh/m <sup>2</sup>	C 8,4	C 9,5
Emisiones CO <sub>2</sub> calefacción kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	D 15,5	D 18,1
Emisiones CO <sub>2</sub> refrigeración kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	D 3,2	D 3,6
Emisiones CO <sub>2</sub> ACS kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	E 3,2	D 2,0

**Figura 12.3.** Calificación energética del edificio objeto alcanzada con **solución 2**. Fuente: CALENER\_VYP.- Estudio ANDIMAT.

Certificación Energética de Edificios Indicador kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	Edificio Objeto	Edificio Referencia
0-5 A		
6-10.8 B		
10.8-16.8 C	14,7 C	20,1 D
16.8-25.8 D		
>25.8 E		
F		
G		
Demanda calefacción kWh/m <sup>2</sup>	D 46,1	D 47,1
Demanda refrigeración kWh/m <sup>2</sup>	B 6,0	C 9,2
Emisiones CO <sub>2</sub> calefacción kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	C 11,9	D 15,1
Emisiones CO <sub>2</sub> refrigeración kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	C 2,3	D 3,5
Emisiones CO <sub>2</sub> ACS kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	A 0,5	D 1,5

**Figura 12.4.** Calificación energética del edificio objeto alcanzada con **solución 3**. Fuente: CALENER\_VYP.- Estudio ANDIMAT.

En la Tabla 12.2 se recogen de forma agrupada los valores obtenidos en cada caso para las demandas energéticas de calefacción y refrigeración de forma separada para poder analizar la contribución de la ventana dotada de acristalamientos ATR.

En general puede observarse que la reducción de transmitancia térmica del vidrio ya supone una mejora que en el caso estudiado se estima en un 10 % de reducción de la demanda de calefacción. Reducciones mayores del valor U, acompañadas de menores infiltraciones de aire como en la Solución 3, pueden llegar a representar una reducción del entorno del 30% de la demanda de calefacción.

Puede interpretarse que el menor factor solar del acristalamiento de la solución 3 pudiera influir negativamente en la reducción de la demanda de calefacción ya que se eliminan parte de los aportes gratuitos del sol durante el invierno.



Entre la solución 1 y la solución 2, la disminución de factor solar entre los acristalamientos considerados es de 0,10 puntos. Aun así el edificio objeto mejora la clase energética de calefacción un nivel pasando de E a D. Esta ganancia sería mayor pero si o hubiese pérdidas de aporte solar de invierno o éstas fuesen menores. Con la fuerte reducción del valor U ofrecido por sgg CLIMALIT PLUS que presenta la solución 3 se obtiene una reducción de la demanda de calefacción que puede alcanzar el 32% respecto a una ventana metálica poco eficiente.

El modelo presentado muestra que la reducción de estos aportes solares de invierno, aun considerando la solución 3 con un factor solar de  $g = 0,43$  se ve compensada por unas menores pérdidas debidas a la fuerte reducción de U, conservando su efecto positivo en la reducción de demanda de refrigeración en verano. Esto nos hace pensar que los aportes de invierno en esta zona climática no son tan importantes como en principio puede parecer. Más aún si se tiene en cuenta que el modelo estudiado no considera sobras arrojadas por edificios próximos que reducirían dichos aportes solares.

ANÁLISIS DE DEMANDAS OBTENIDAS POR SIMULACIÓN CALENER_VYP			
CALEFACION	SOLUCION 1	SOLUCION 2	SOLUCION 3
Calificación	E	D	D
Demanda (KWh/m <sup>2</sup> )	68	61	46
Reducción sobre Solución 1 (%)	-	10	32
Reducción sobre Solución 2 (%)	-	-	24
CALEFACION	SOLUCION 1	SOLUCION 2	SOLUCION 3
Calificación	C	C	B
Demanda (KWh/m <sup>2</sup> )	8	8	6
Reducción sobre Solución 1 (%)	-	0	25
Reducción sobre Solución 2 (%)	-	-	25

**Tabla 12.2.** Comparativo de resultados. Fuente: Estudio ANDIMAT.

Si se analiza la demanda de refrigeración se observa que entre las dos primeras soluciones no existe una variación sensible de la demanda por sustitución de vidrio monolítico por un doble acristalamiento 4/6/4. Su factor solar difiere poco y no es suficiente para modificar la demanda. Sin embargo la solución 3 con un factor solar casi la mitad que la solución 1 presenta una reducción significativa de esta demanda energética asociada a la refrigeración que en el modelo estudiado alcanza un 29% y supone la mejora de clasificación, de C a B, en refrigeración (ver Tabla 12.2). Esta reducción se atribuye fundamen-



talmente a la reducción del factor solar y consecuentemente mayor protección solar que reduce las entradas de radiación solar en el régimen de verano evitando en buena medida el sobrecalentamiento interior y en consecuencia las necesidades de refrigeración.

## 12.5. CONCLUSIÓN

La instalación de ventanas de alta eficiencia térmica reduce el uso de energía necesario para calefactar la vivienda en invierno y para refrigerarla en verano si están acompañadas de un factor solar adecuado.

En régimen de invierno, calefacción, el «ahorro», o reducción de la demanda, obtenido por el uso de la ventana de baja transmitancia térmica y permeabilidad reducida en vez de una ventana poco aislante puede llegar a representar el 30% en una zona climática como Madrid.

En régimen de verano, el «ahorro» obtenido, como disminución de la demanda asociada a refrigeración, se obtiene debido al factor solar mejorado que presentan los acristalamientos como SGG CLIMALIT PLUS con PLANITHERM 4S y puede significar en torno al 30% de reducción. En caso de no disponer de sistemas de refrigeración se logra una mejora del confort interior.

La disminución de aportes que como consecuencia del reducido factor solar se produce en invierno no compromete la disminución de la demanda de calefacción siempre que vaya acompañada de una reducción de la transmitancia térmica. Por otra parte hay que considerar que existe en el mercado una amplia gama de acristalamientos ATR con diferentes factores solares que permite escoger la solución más adecuada para cada edificio e incluso para cada orientación.

Como conclusión final puede considerarse que la instalación de ventanas energéticamente eficientes es aconsejable y produce una disminución sensible en las demandas de calefacción y refrigeración pudiendo llegar, en algún caso como el presentado, a la mejora de una letra en el nivel de clasificación energética del edificio como puede observarse en la Figura 12.3.

## ¿aún no sabes por dónde se te escapa la energía?



25%-30% de pérdida de energía



30%-40% de las infiltraciones



## SWS<sup>®</sup>, LA SOLUCIÓN INTEGRAL PARA UN HUECO DE VENTANA ESTANCO

Aislamiento térmico y acústico duradero

Estanqueidad al aire y al vapor

Resistente a la intemperie



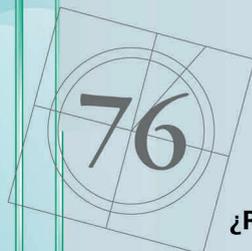


# KÖMMERLING®

Sistemas de ventanas

## KÖMMERLING 76

### *Innovación inteligente*



¿Por qué es innovación inteligente?

$U_w$  de 1.0 W/m<sup>2</sup>K,  
óptimo aislamiento en 76 mm

Óptima permeabilidad al aire  
hasta CLASE 4

Máxima resistencia al viento  
hasta C5

Producción con procesos  
estandarizados

Un precio competitivo

### ¿Qué le ofrece el sistema KÖMMERLING 76?

- Sistema de 76 mm de líneas rectas con triple junta, más una junta adicional que refuerza sus prestaciones.
- Un valor  $U_i$  de 1,0 W/m<sup>2</sup>K pudiendo llegar a alcanzar un valor **a partir de  $U_w$  de 0,73 W/m<sup>2</sup>K** y hasta 48 dB de reducción acústica.
- Máxima resistencia al viento con la mejor clasificación, C5, gracias a un gran refuerzo de acero zincado de alta inercia y máxima clasificación de permeabilidad al aire: CLASE 4.
- Facilidad para la producción con procesos estandarizados y a un precio competitivo.
- Múltiples colores y acabados madera.
- Sistema ecofriendly 100% reciclable y libre de plomo.



MÁS INFORMACIÓN EN  
[www.kommerling.es/ventanas/abatibles/kommerling76](http://www.kommerling.es/ventanas/abatibles/kommerling76)



Síguenos en  
KOMMERLING\_ESP

# SGG COOL-LITE®

Vidrio para una arquitectura  
energéticamente eficiente

Alta selectividad  
en fachadas

SGG COOL-LITE la solución en vidrio de alta selectividad. Ofrece diversos aspectos para satisfacer las necesidades que demanda la arquitectura. Desde un aspecto neutro, ofrece gran control solar sin reducir la luminosidad incorporando aislamiento térmico reforzado. Contribuye a la eficiencia reduciendo las necesidades de calefacción y climatización.

Saint- Gobain Glass

  
**SAINT-GOBAIN**

[www.saint-gobain-glass.com](http://www.saint-gobain-glass.com)

# Eficiencia energética 100%

# deceuninck



Con refuerzo de **fibra de vidrio continua**. Exclusivo de Deceuninck

Más aislamiento térmico,  
más aislamiento acústico,  
más confort

Aislamiento acústico de **28 a 33 dB**

Ahorran energía



Aíslan del ruido



Dan seguridad



Son aislantes



Excepcional comportamiento térmico,  
Coeficiente Térmico  **$U_w=1,2 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$**

Diseño moderno y elegante  
solamente con **35 mm** de sección central vista



[deceuninck.es](http://deceuninck.es)



# iSlide#neo

linktrusion inside



innovación



ecología



diseño

Construyendo un hogar sostenible



**AIS**<sup>®</sup>  
AVUÁ

Produced by

**ISO**  
CHEMIE



# TECNOLOGÍA INNOVADORA

PARA OBTENER LOS MEJORES RESULTADOS  
DE ESTANQUIDAD Y AISLAMIENTO

AIS AVUÁ | Parque Empresarial Oeste | C/ Joyería, 28  
11408 Jerez de la Frontera | CÁDIZ (España)

Tel.: +34 956 741 252 | Fax: +34 956 921 924 | [info@aisavua.com](mailto:info@aisavua.com) | [www.aisavua.com](http://www.aisavua.com)

Persianas, toldos, cortinas,  
luces, puertas, calefacción,  
cámaras... un sinfín de  
elementos de tu casa pueden  
conectarse fácilmente a  
través de TaHoma.



# TaHoma®

El hogar conectado según Somfy



TaHoma



 TaHoma®

Para una vida conectada...







Fundación de la Energía de  
la Comunidad de Madrid

Energy Management Agency

Intelligent Energy  Europe

[www.fenercom.com](http://www.fenercom.com)



**KÖMMERLING®**  
Sistemas de ventanas



SGG **CLIMALIT PLUS®**



**somfy.**

**SOUDAL**

