

Nº INFORME 12_04210-3

CLIENTE WINDOWSPUR, S.L

PERSONA DE CONTACTO ASIER TOLOSA

OBJETO CÁLCULO Y SIMULACIÓN DEL COEFICIENTE DE TRANSMISIÓN TÉRMICA «U» (UNE-EN ISO 10077-1:2010)

MUESTRA ENSAYADA VENTANA DE POLIURETANO REF.: «PRIMERA SERIE PU»

FECHA DE RECEPCIÓN 03.12.2012

FECHA DE ENSAYO 04.12.2012 – 14.12.2012

FECHA DE EMISIÓN 02.01.2013



Ainhoa Galparsoro
Técnico Laboratorio Envolventes Arquitectónicas
Construcción - Servicios

Miguel Mateos
Responsable Laboratorio Envolventes Arquitectónicas
Construcción - Servicios

* Los resultados del presente informe conciernen, única y exclusivamente al material ensayado.

* Este informe no podrá ser reproducido sin la autorización expresa de FUNDACIÓN TECNALIA R&I, excepto cuando lo sea de forma íntegra.

Contenido

1. Antecedentes	3
2. Objetivos	4
3. Hipótesis de Cálculo	5
4. Resultados	8
5. Transmisión de calor de la ventana	11
6. ANEXOS	15

1. Antecedentes

El 3 de diciembre del 2012 se recibieron en TECNALIA, enviados por la empresa WINDOWSPUR, S.L planos de secciones de perfiles de ventana con las siguientes referencias:

- PRIMERA SERIE PU Lateral
- PRIMERA SERIE PU Nudo Central

Se solicitó para estos perfiles el cálculo teórico del **Coefficiente de transmisión térmica, U_f** , mediante simulaciones según la norma UNE-EN ISO 10077-2:2012 «Comportamiento térmico de ventanas, puertas y persianas – Cálculo de la transmitancia térmica – Parte 2: Método numérico para los marcos ».

Para el cálculo de la transmitancia térmica, **U_w** , de la ventana completa se empleará la metodología y los requerimientos referidos en la norma UNE-EN ISO 10077-1:2010 «Comportamiento térmico de ventanas, puertas y persianas. Cálculo de la transmitancia térmica. Parte 1: Generalidades».

Con fecha 02 de enero del 2013, TECNALIA emite el presente informe con los resultados obtenidos, detallados a continuación.

2. Objetivos

El objetivo del presente informe es caracterizar térmicamente los perfiles enviados por WINDOWSPUR, S.L. Para ello se calculará el coeficiente de transmisión térmica de los mismos y se realizarán representaciones gráficas de las distribuciones de temperaturas y de flujos de calor resultantes del cálculo.

La simulación se ha llevado a cabo según la norma UNE EN ISO 10077-2:2012 «Comportamiento térmico de ventanas, puertas y persianas – Cálculo de la transmitancia térmica – Parte 2: Método numérico para los marcos ».

En el informe se presenta el cálculo de una ventana completa incluyendo el vidrio, teniendo en cuenta el efecto borde de interacción entre el conjunto marco y hoja y el propio vidrio.

3. Hipótesis de Cálculo

3.1 Método computacional

La simulación se ha realizado utilizando el programa THERM 6, desarrollado en el *Lawrence Berkeley National Laboratory* (LBNL). Se trata de una herramienta informática basada en el método de elementos finitos para la resolución de la ecuación de transmisión de calor bidimensional. Esta herramienta computacional ha sido convenientemente testada mediante los ejemplos de cálculo propuestos por diferentes normativas, como UNE-EN ISO 10077-2:2012 «Comportamiento térmico de ventanas, puertas y persianas. Cálculo de la transmitancia térmica. Parte 2: Método numérico para los marcos», o UNE EN 1745:2002 «Fábrica de albañilería y componentes para fábrica. Métodos para determinar los valores térmicos de proyecto».

El cálculo se realiza importando a THERM la sección correspondiente y creando sobre esta plantilla el modelo a simular mediante combinaciones de polígonos. Es necesario definir a continuación las propiedades de los materiales involucrados, así como las condiciones de contorno a aplicar.

Con la información anterior, THERM realiza el mallado para el análisis por elementos finitos y el cálculo de la transferencia de calor en el sistema simulado.

3.2. Características de la muestra

La muestra a simular es un sistema marco- hoja correspondiente al lateral y al nudo central de un sistema que representa la ventana. Los perfiles están constituidos principalmente de poliuretano macizo reforzado con aluminio y sellante de EPDM. Se enviaron representados en planos en formato informático. En el anexo se muestran las piezas de las secciones de los perfiles simulados, tal y como han sido enviadas por GUEN LEIHOAK, S.L.

Se adjuntan a continuación los valores de conductividad térmica de los materiales que han sido utilizados en el cálculo:

Material	λ (W/m-K)
Refuerzos Aluminio	160
Espuma de poliuretano	0,024
Sellante EPDM	0,25
Panel calibración	0,035

Tabla 1. Conductividad térmica de los componentes de los perfiles. Fuente: Norma UNE-EN 12524:2000, «Materiales y productos para la edificación. Propiedades higrotérmicas. Valores de diseño tabulados».

La emisividad de las superficies contiguas a cámaras de aire es igual a 0,9 (en ausencia de datos), según la norma UNE-EN ISO 10077-2:2012 «Comportamiento térmico de ventanas, puertas y persianas – Cálculo de la transmitancia térmica – Parte 2: Método numérico para los marcos».

A su vez, el rango del flujo de calor considerado en los huecos se ha representado por una conductividad equivalente λ_{equi} de acuerdo con la norma UNE-EN ISO 10077-2:2012. Esta conductividad térmica equivalente incluye el flujo de calor por conducción, convección y radiación y depende de la geometría del hueco y de los materiales colindantes.

Las resistencias superficiales utilizadas son las que establece la norma EN ISO 10077-2:2012 – Anexo normativo B “Resistencias Superficiales para Flujo de Calor Horizontal”.

Posición	Exterior (Rse) m ² K / W	Interior (Rsi) m ² K / W
Normal (superficie plana)	0,04	0,13
Radiación/Convección reducida (en bordes o uniones entre dos superficies)	0,04	0,20

Tabla 2. Resistencias Superficiales para Flujo de Calor Horizontal

Las temperaturas de los ambientes a ambos lados de los perfiles se han establecido en 20°C en el lado interior, y en 0°C en el exterior. Estos valores son los empleados en la normativa EN ISO 12567-1 de determinación experimental de las propiedades de transmisión térmica de ventanas. Desde un punto de vista teórico, estos valores no influyen en el resultado final, puesto que el valor de U se da por grado de diferencia, y el modelo realizado mantiene las propiedades térmicas de los materiales constantes a cualquier temperatura.

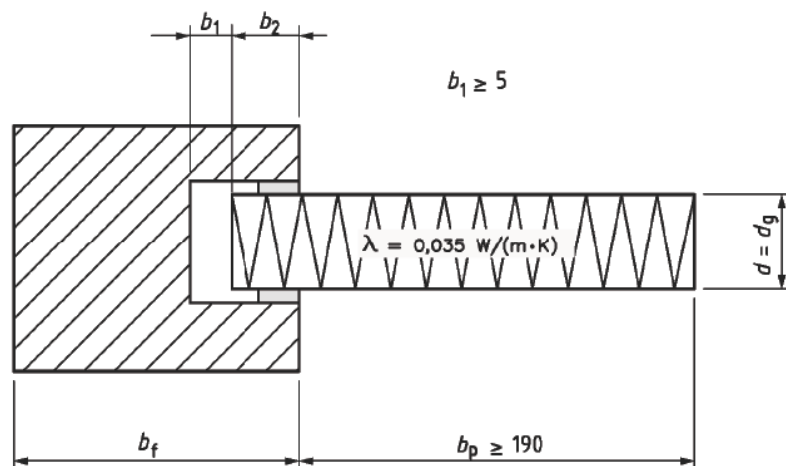
3.3. Proceso de cálculo del coeficiente de transmisión térmica

La norma UNE EN ISO 10077-2:2012 establece el procedimiento para calcular el coeficiente de transmisión térmica del marco. Dicha magnitud se calcula para cada sección de acuerdo con la expresión:

$$U_f = \frac{L_f^{2D} - U_p b_p}{b_f} \quad (2)$$

donde,

- U_f : **Coefficiente de transmisión térmica del marco**, ($W/m^2 K$).
- L_f^{2D} : es el coeficiente de transmisión térmica lineal de la sección con el acristalamiento sustituido por un panel de calibración de igual espesor y conductividad térmica $\lambda=0,035 W/mK$.
- U_p : coeficiente de transmisión térmica en el centro del panel de calibración, ($W/m^2 K$).
- b_p : longitud visible del panel de calibración, (m).
- b_f : longitud proyectada del marco, (m).



4. Resultados

PRIMERA SERIE PU Lateral

L_f^{2D} (W/mK)	U_p (W/m ² K)	b_p (m)	b_f (m)	U_f (W/m ² K)
0,35	1,03	0,20	0,11	1,4

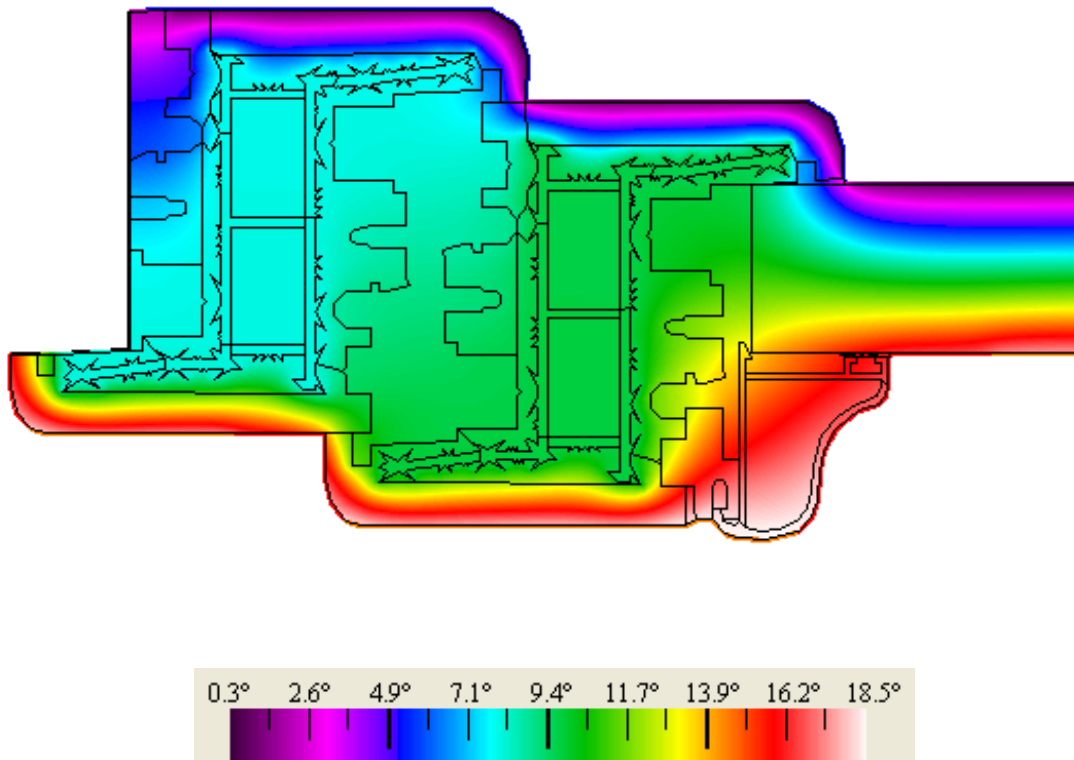


Fig. 1: Distribución de temperatura en °C en el perfil

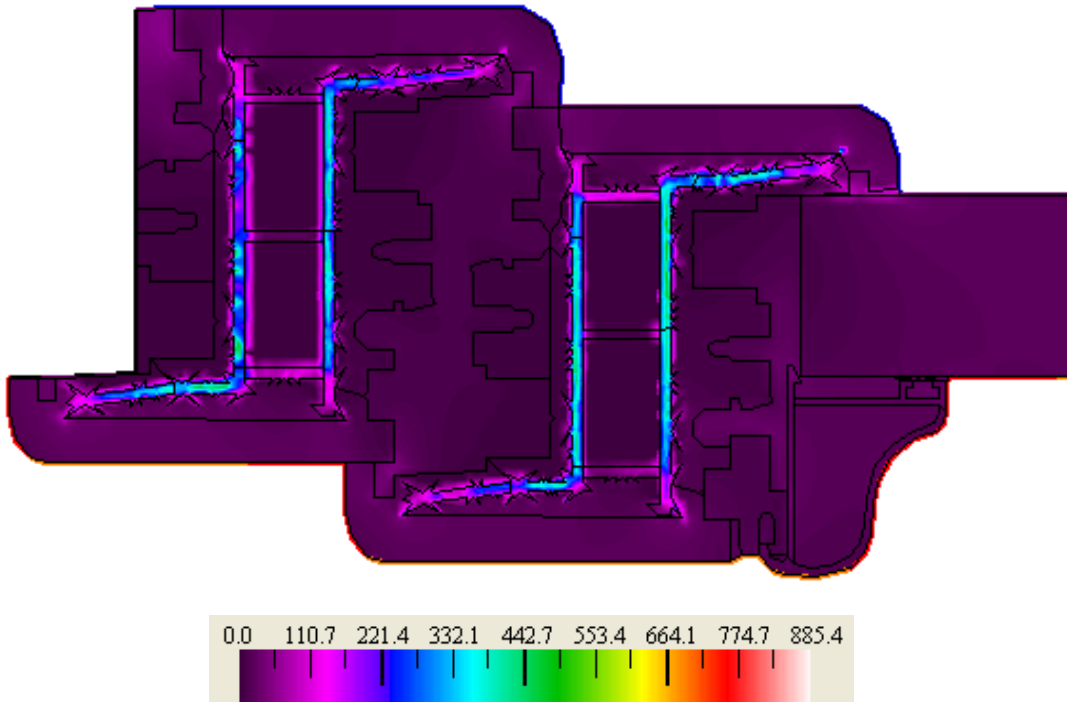


Fig. 2: Distribución de flujo de calor en W/m^2 en el perfil.

PRIMERA SERIE Nudo Central

L_f^{2D} (W/mK)	U_p (W/m ² K)	b_p (m)	b_f (m)	U_f (W/m ² K)
0,63	1,03	0,39	0,20	1,2

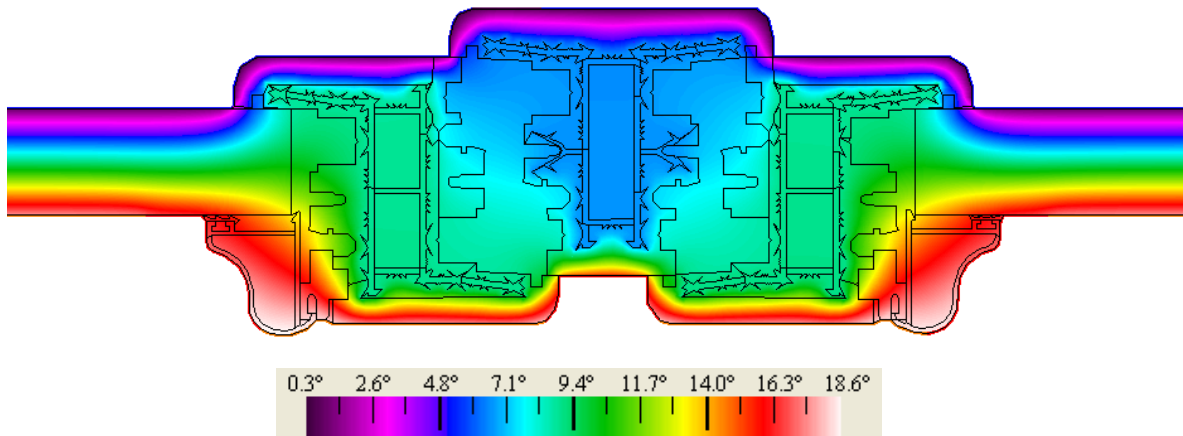


Fig. 3: Distribución de temperatura en °C en el perfil

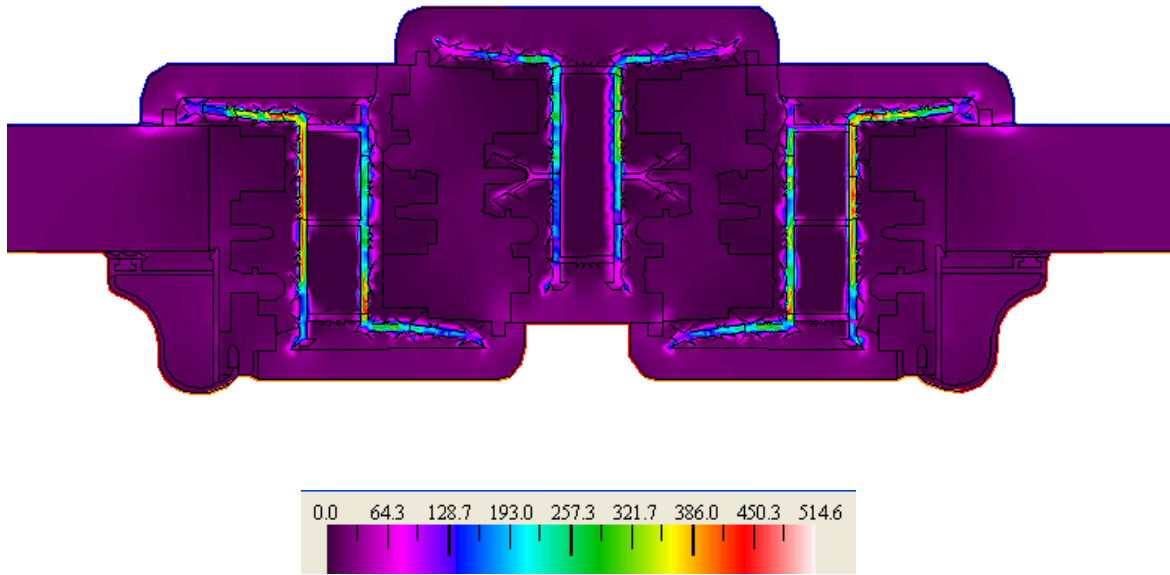


Fig. 4: Distribución de flujo de calor en W/m^2 en el perfil.

5. Transmisión de calor de la ventana

A continuación se procede al cálculo del coeficiente de transmisión térmica, U_w , de la ventana completa según la norma UNE-EN ISO 10077-1:2010. Se realiza el cálculo de transmisión de calor para una ventana de dos hojas de dimensiones 1,23 x 1,48 m.

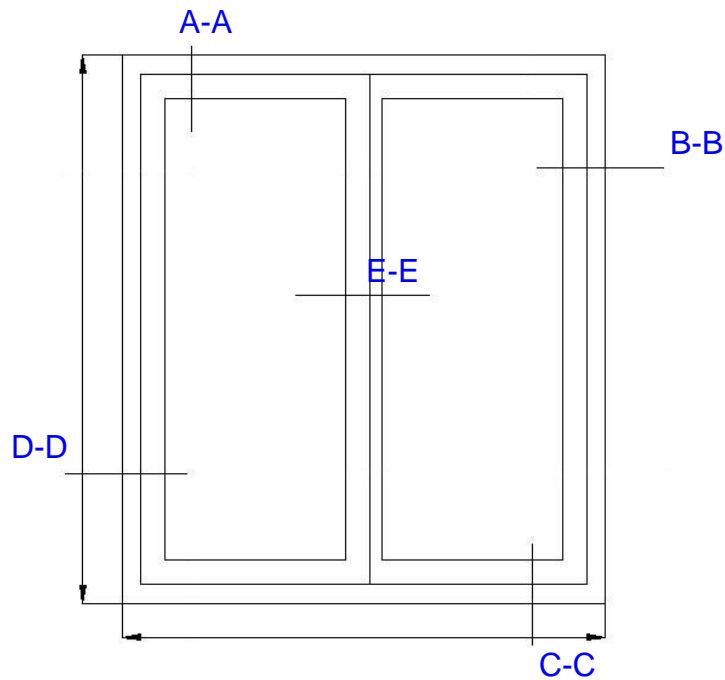


Fig. 5. Ventana

Debido a que la ventana es perimetral, las secciones A-A, B-B, C-C y D-D son iguales. Y corresponde al siguiente perfil:

PRIMERA SERIE PU Lateral $U_f = 1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$

La sección del perfil (E-E) corresponde al nudo central:

PRIMERA SERIE PU Nudo central $U_f = 1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$

El doble acristalamiento utilizado para el cálculo del Coeficiente de transmisión térmica responde al siguiente esquema:

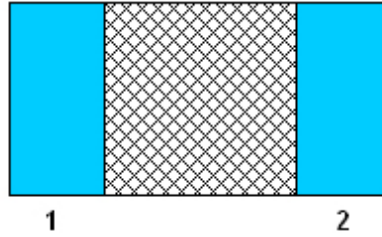


Fig.6. Detalle del Doble Acristalamiento

El vidrio empleado se corresponde con un doble acristalamiento de espesor total de 24mm. La hoja exterior de 4mm se corresponde con un flotado extraclaro con film “guardian sun”, cámara de 16mm relleno de aire al 10% y argón al 90%. Y hoja interior de 4mm de flotado extraclaro.

La transmitancia térmica de vidrio de **$U_g = 1 \text{ W/m}^2\text{K}$** .

En cuanto a las dimensiones correspondientes a cada elemento:

$A_g = 1,01 \text{ m}^2$ área correspondiente al acristalamiento

$A_{f \text{ nudo central}} = 0,27 \text{ m}^2$ área correspondiente al nudo central

$A_{f \text{ lateral inferior}} = 0,54 \text{ m}^2$ área correspondiente al lateral perimetral

$l_g = 6,64 \text{ m}$ perímetro total visible del acristalamiento

Los cálculos se realizan según la metodología recogida en la norma de producto UNE-EN 14351-1 “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 humo”.

Dicha norma establece que la transmitancia térmica de ventanas y puertas exteriores peatonales debe determinarse por cálculo utilizando la norma UNE-EN ISO 10077-1:2010: “Características térmicas de ventanas, puertas y contraventanas. Cálculo del coeficiente de Transmisión Térmica. Parte 1: Método simplificado”.

5.1. Metodología de cálculo según la norma UNE - EN ISO 10077-1:2010

Una vez determinado el valor correspondiente al coeficiente de transmisión térmica del marco (U_f), debe tenerse en cuenta la interacción entre marco y vidrio, para lo que es necesario calcular el coeficiente de transmisión térmica lineal (ψ_g), que puede determinarse por cálculo numérico según establece la norma UNE-EN ISO 10077-2:2012, o bien utilizar los valores predeterminados en el Anexo E de la norma UNE-EN ISO 10077-1:2010.

Tabla E.1 – Valores de la transmitancia térmica lineal para los tipos comunes de barras de espaciadoras de acristalamiento (por ejemplo, aluminio o acero)

Tipo de marco	Transmitancia térmica lineal para distintos tipos de acristalamientos ψ_g	
	Doble o triple acristalamiento vidrio sin revestir relleno de aire o gas	Doble ^a o triple ^b acristalamiento con vidrio bajo emisivo relleno de aire o gas
Madera o PVC	0,06	0,08
Metálico con rotura de puente térmico	0,08	0,11
Metálico sin rotura de puente térmico	0,02	0,05

^a Una de las hojas de vidrio del doble acristalamiento revestida.
^b Dos hojas de vidrio del triple acristalamiento revestidas.

Con el valor de transmisión del marco, el vidrio y el efecto borde, se procede a calcular el valor del coeficiente de transmisión térmica de la ventana según la metodología recogida en el apartado 5 de la norma UNE-EN ISO 10077-1:2010: “**Cálculo del coeficiente de Transmisión Térmica**”, y que debe ser calculado mediante la siguiente ecuación.

$$U_w = \frac{A_g \cdot U_g + A_f \cdot U_f + l_g \cdot \psi_g}{A_g + A_f}$$

donde,

U_w es el coeficiente de transmisión térmica correspondiente a la ventana ($W/m^2 K$)

U_g es el coeficiente de transmisión térmica del acristalado ($W/m^2 K$)

U_f es el coeficiente de transmisión térmica del marco ($W/m^2 K$)

ψ_g es el coeficiente de transmisión térmica lineal debido a los efectos térmicos combinados del intercalado, del cristal y del marco (W/mK)

A_g es el área correspondiente al acristalamiento (m^2)

A_f es el área proyectada correspondiente al marco (m^2)

l_g es el perímetro total visible del acristalamiento (m)

Teniendo en cuenta el acristalamiento, el factor de borde es:

$$\psi_g = 0,08 \text{ W/mK}$$

Por tanto, el coeficiente de transmisión térmica de la ventana completa PRIMERA SERIE PU según la norma UNE - EN ISO 10077-1:2010 es:

U_w (W/m^2K)
1,4

NOTA: Los valores de transmitancia térmica de ventana completa (U_w) recogidos en este informe corresponden a unas dimensiones de ventana y tipo de acristalamiento determinados, cualquier variación en los mismos dará lugar a variaciones en el resultado

6. ANEXOS

Secciones simuladas

Inversor y Lateral de PRIMERA SERIE PU

