

CIDEMCO TECNALIA-Tecnalia

Área Anardi, nº 5
Apartado 134 P.O. Box
E-20730 Azpeitia (Guipúzcoa) / Spain
Tel.: +34 943 81 68 00
Fax: +34 943 81 60 74

www.CIDEMCO TECNALIA.es

CIDEMCO TECNALIA@CIDEMCO TECNALIA.es

Nº INFORME: 25048. Hoja 1 de 19

INFORME DE SIMULACIÓN

CLIENTE: EXTRUGASA S.A.
SOLICITANTE: JUAN CASTRO
**DIRECCIÓN: CAMPAÑA S/N, PUENTECESURES
36645 VALGA (PONTEVEDRA)**

**MATERIAL SIMULADO: PERFILES DE ALUMINIO DE UNA
VENTANA REF.: `` SERIE ELEVABLE ``**

**OBJETO DE LA PETICIÓN: CÁLCULO Y SIMULACIÓN DEL
COEFICIENTE DE TRANSMISIÓN
TÉRMICA «U» (UNE-EN ISO 10077-2:2008)**

FECHA DE RECEPCIÓN: 27.04.2010
FECHA DE EMISIÓN DEL INFORME: 28.04.2010

Los resultados recogidos en este informe solo se refieren al material recibido y sometido a simulación en este Centro de Investigación en las fechas indicadas.

Este Informe consta de diecinueve (19) páginas y no podrá ser reproducido sin la autorización expresa de CIDEMCO TECNALIA, excepto cuando lo sea de forma íntegra.



Nerea Berra
Eficiencia Energética en la Edificación
Arquitectura y tecnologías para la construcción



Sergio Saiz
Resp. Eficiencia Energética en la Edificación
Arquitectura y tecnologías para la construcción

Índice

1. Antecedentes	3
2. Objetivos	4
3. Hipótesis de Cálculo	
3.1 Método computacional	5
3.2 Características de la muestra	5
3.3 Proceso de cálculo del coeficiente de transmisión térmica	8
4. Resultados	9
5. Transmisión en ventana completa	12
5.1 Método de cálculo según la norma UNE - EN ISO 10077-1:2001	15
6. Anexo	16

1. Antecedentes

El 27 de Abril de 2010 se recibieron en CIDEMCO TECNALIA, enviados por la empresa EXTRUGASA S.A., planos de secciones de perfiles de ventana con las siguientes referencias:

- SERIE ELEVABLE Lateral derecho
- SERIE ELEVABLE Lateral izquierdo
- SERIE ELEVABLE Lateral inferior carril exterior
- SERIE ELEVABLE Lateral inferior carril interior
- SERIE ELEVABLE Lateral superior carril exterior
- SERIE ELEVABLE Lateral superior carril interior
- SERIE ELEVABLE Nudo central

Se solicitó para estos perfiles el cálculo teórico del **coeficiente de transmisión térmica** mediante simulaciones según la norma UNE EN ISO 10077-2:2008 «*Comportamiento térmico de ventanas, puertas y persianas – Cálculo de la transmitancia térmica. Parte 2: Método numérico para los marcos*».

Con fecha 28 de Abril de 2010, CIDEMCO 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 EXTRUGASA S.A. 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 10077-2:2008 «*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+hoja y el propio vidrio.

3. Hipótesis de Cálculo

3.1 Método computacional

La simulación se ha realizado utilizando el programa THERM 5, 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 EN ISO 10077-2:2008 «*Comportamiento térmico de ventanas, puertas y persianas – Cálculo de la transmitancia térmica*», 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

Las muestras a simular son 6 sistemas marco + hoja correspondientes a los laterales de la ventana y 1 sistema que representa el nudo central. Se enviaron representados en planos en formato informático. Los perfiles están constituidos principalmente de aluminio con roturas de puente térmico de poliamida y PVC y sellante EPDM. En el anexo se muestran las piezas de las secciones de los perfiles simulados, tal y como han sido enviadas por EXTRUGASA S.A.

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

Material	λ (W/m·K)
Aluminio aleación	160
Sellante EPDM	0,25
Poliamida	0,30
PVC	0,17
Mohair	0,14
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**».

También, se supone que 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 10077-2:2008 «*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 10077-2:2008 «*Comportamiento térmico de ventanas, puertas y persianas – Cálculo de la transmitancia térmica – Parte 2: Método numérico para los marcos*». 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 UNE-EN ISO 10077-2:2008 – 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.

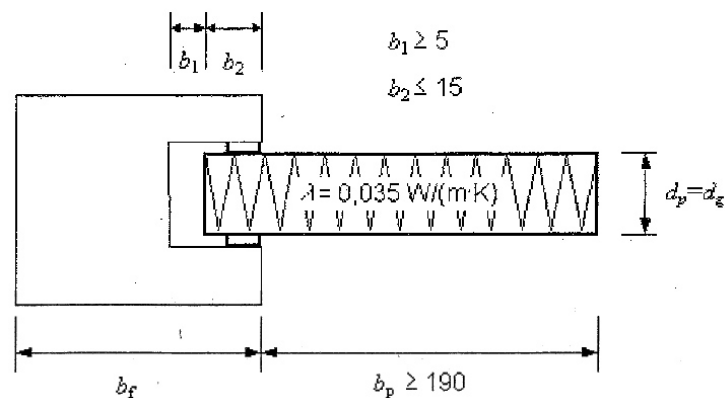
3.3. Proceso de cálculo del coeficiente de transmisión térmica

La norma UNE EN ISO 10077-2:2008 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 : Coeficiente 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

SERIE ELEVABLE Lateral derecho, lateral inferior carril interior y lateral superior carril interior

L_f^{2D} (W/mK)	U_p (W/m ² K)	b_p (m)	b_f (m)	U_f (W/m ² K)
0,78	1,03	0,19	0,14	4,2

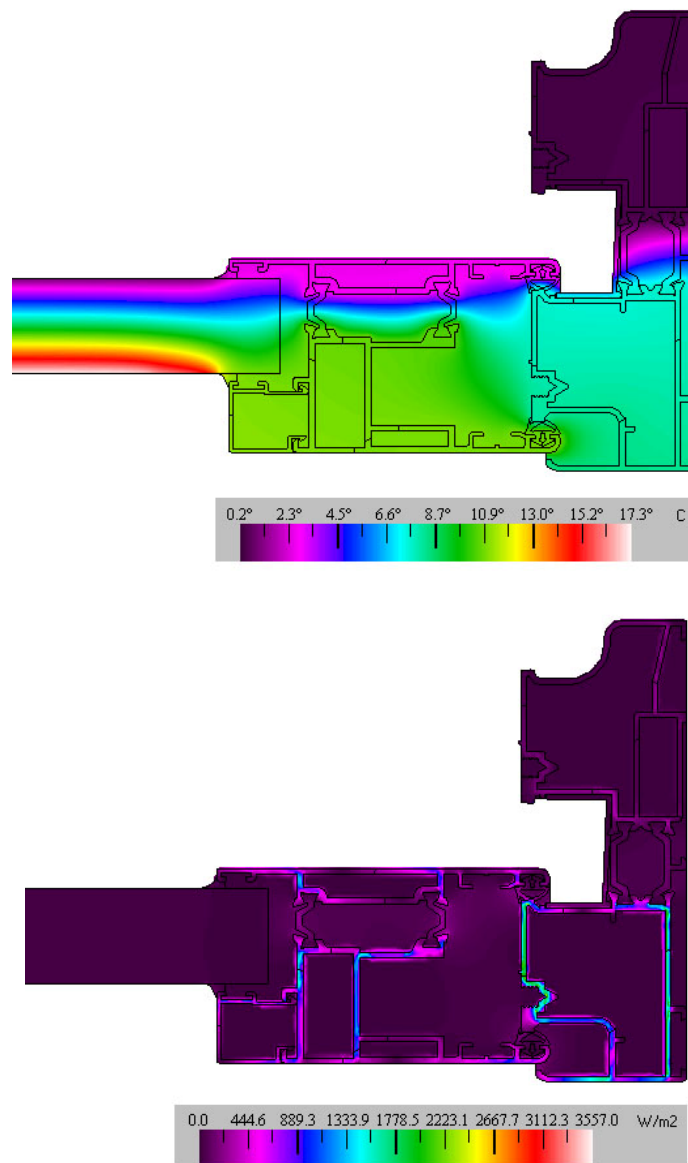


Fig. 1: Distribución de temperatura y flujo de calor en el perfil, junto con las escalas correspondientes.

SERIE ELEVABLE Lateral izquierdo, lateral inferior carril exterior y lateral superior carril exterior

L_f^{2D} (W/mK)	U_p (W/m ² K)	b_p (m)	b_f (m)	U_f (W/m ² K)
0,81	1,03	0,19	0,14	4,5

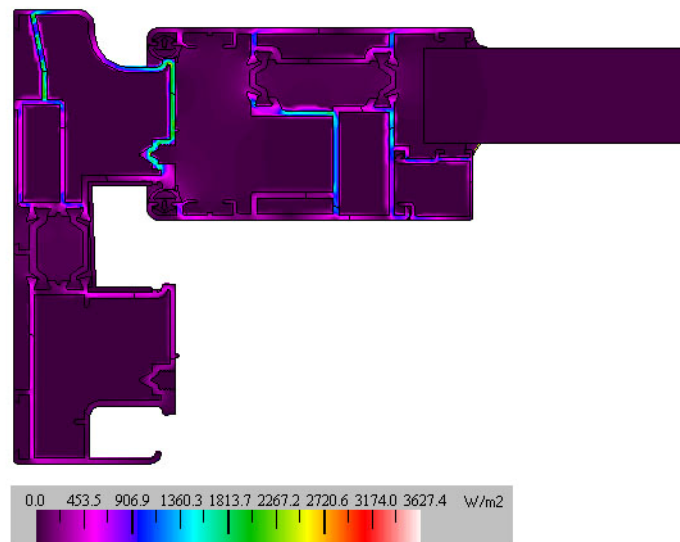
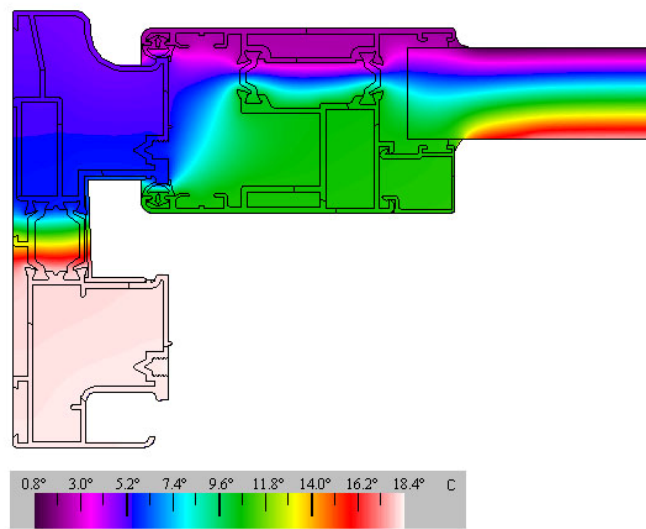


Fig. 2: Distribución de temperatura y flujo de calor en el perfil, junto con las escalas correspondientes.

SERIE ELEVABLE 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)
0,93	1,03	0,38	0,12	4,7

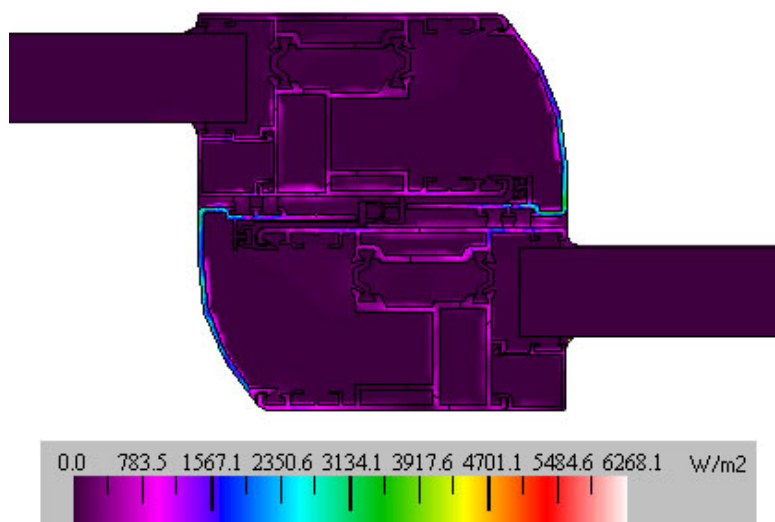
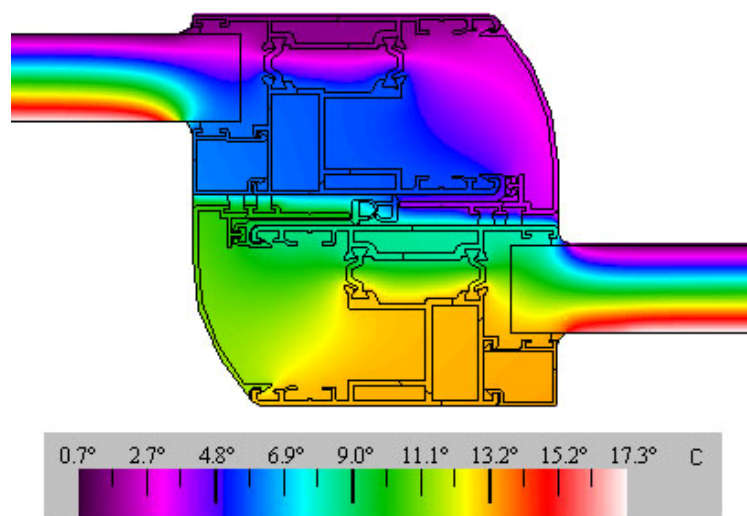


Fig. 3: Distribución de temperatura y flujo de calor en el perfil, junto con las escalas correspondientes.

5. Transmisión en ventana completa

A continuación se procede al cálculo del coeficiente de transmisión térmica de la ventana completa. Se ha realizado el cálculo de transmisión para una ventana de dimensiones 1,70 x 2,00 metros.

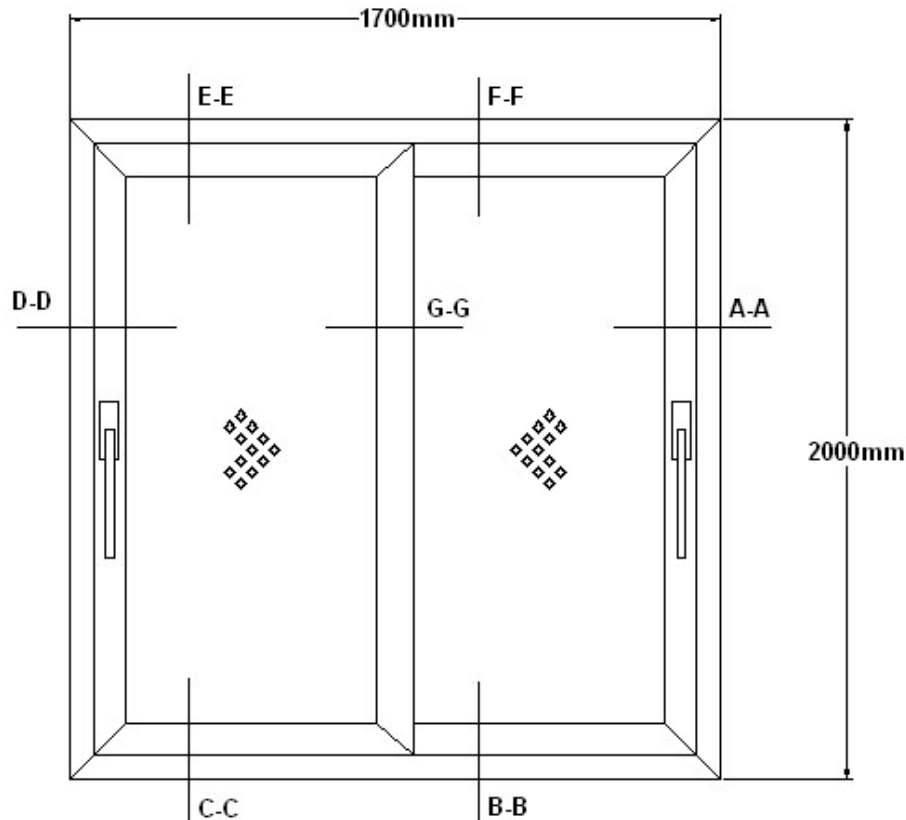


Fig. 4. Ventana

La sección del perfil de la ventana (A-A) corresponde al perfil de aluminio:

SERIE ELEVABLE Lateral derecho $U_f = 4,2 \text{ W/m}^2\text{K}$

La sección del perfil (B-B) corresponde a:

SERIE ELEVABLE Lateral inferior carril interior $U_f = 4,2 \text{ W/m}^2\text{K}$

La sección del perfil (C-C) corresponde a:

SERIE ELEVABLE Lateral inferior carril exterior $U_f = 4,5 \text{ W/m}^2\text{K}$

La sección del perfil (D-D) corresponde a:

SERIE ELEVABLE Lateral izquierdo $U_f = 4,5 \text{ W/m}^2\text{K}$

La sección del perfil (E-E) corresponde a:

SERIE ELEVABLE Lateral superior carril exterior $U_f = 4,5 \text{ W/m}^2\text{K}$

La sección del perfil (F-F) corresponde a:

SERIE ELEVABLE Lateral superior carril interior $U_f = 4,2 \text{ W/m}^2\text{K}$

La sección del perfil (G-G) corresponde a:

SERIE ELEVABLE Nudo central $U_f = 4,7 \text{ W/m}^2\text{K}$

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

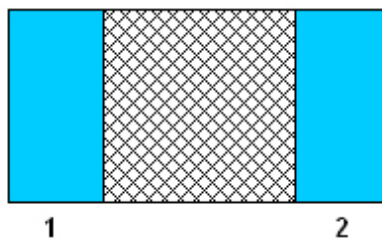


Fig.5. Detalle del Doble Acristalamiento

Los vidrios son de 6mm y la cámara es de aire con un espesor de 16 mm.

Una vez determinado el acristalamiento, sus principales características resultan ser:

Peso= $30,0 \text{ kg/m}^2$

Factor solar = $0,72$

$U_g = 2,7 \text{ W/m}^2\text{K}$

En cuanto a las dimensiones correspondientes a cada elemento:

$A_g = 2,2628 \text{ m}^2$	área correspondiente al acristalamiento
$A_{f \text{ nudo central}} = 0,2156 \text{ m}^2$	área correspondiente al nudo central
$A_{f \text{ lateral inferior (carril exterior)}} = 0,1069 \text{ m}^2$	área correspondiente al lateral inferior con la hoja en el carril exterior
$A_{f \text{ lateral inferior (carril interior)}} = 0,0990 \text{ m}^2$	área correspondiente al lateral inferior con la hoja en el carril interior
$A_{f \text{ lateral superior (carril exterior)}} = 0,1069 \text{ m}^2$	área correspondiente al lateral superior con la hoja en el carril exterior
$A_{f \text{ lateral superior (carril interior)}} = 0,0990 \text{ m}^2$	área correspondiente al lateral superior con la hoja en el carril interior
$A_{f \text{ lateral derecho}} = 0,2549 \text{ m}^2$	área correspondiente al lateral derecho
$A_{f \text{ lateral izquierdo}} = 0,2549 \text{ m}^2$	área correspondiente al lateral izquierdo
$l_g = 9,5270 \text{ m}$	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 10077-1:2001: "Características térmicas de ventanas, puertas y contraventanas. Cálculo del coeficiente de Transmisión Térmica. Parte 1: Método simplificado".

5.1. Método de cálculo según la norma UNE - EN ISO 10077-1:2001

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), que puede determinarse por cálculo numérico según establece la norma EN ISO 10077-2:2008, o bien utilizar los valores predeterminados en el Anexo E de la norma UNE-EN ISO 10077-1:2001.

Tabla E.1
Valores del coeficiente de transmisión térmica lineal Ψ^2 , para los espacios de acristalamiento en aluminio y acero (no inoxidable)

Material del marco	Acrilamiento doble o triple, cristal no revestido, cámara de aire o gas	Acrilamiento doble con baja emisibilidad, triple con dos capas de baja emisibilidad, cámara de aire o gas
	Ψ W/(m·K)	Ψ W/(m·K)
Marcos de madera y plástico	0,04	0,06
Marco metálico con corte térmico	0,06	0,08
Marco metálico sin corte térmico	0	0,02

Los valores para los espacios no cubiertos por la tabla pueden ser determinados por cálculo numérico conforme al prEN ISO 10077-2.

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 10077-1:2001: “**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:

$$\psi_g = 0,06 \text{ W/mK}$$

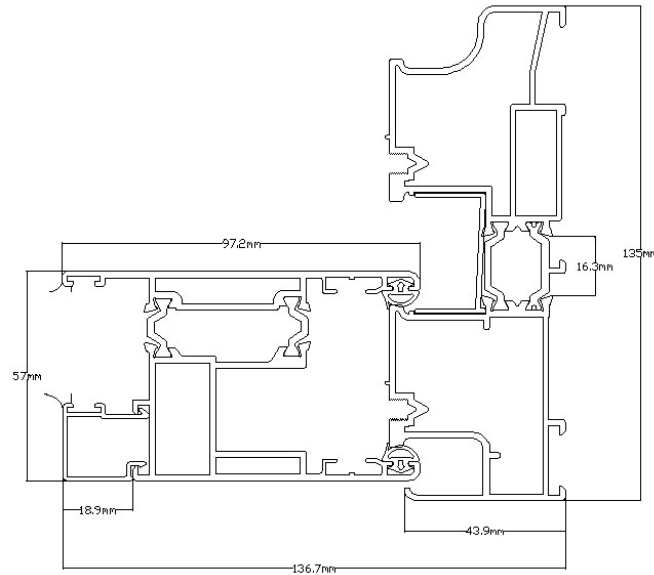
Por tanto, el coeficiente de transmisión térmica de la ventana completa según la norma UNE - EN ISO 10077-1:2001 es:

U_w (W/m^2K)
3,4

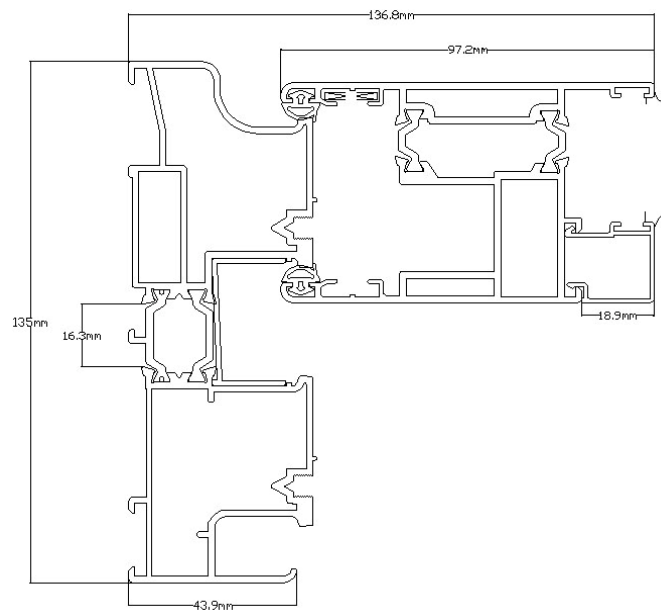
NOTA: Los valores de transmitancia térmica de ventana completa (U_w) recogidos en este informe corresponden a unas dimensiones de ventana y tipo de acristalamiento determinados, cualquier variación en los mismos dará lugar a variaciones en el resultado.

ANEXO

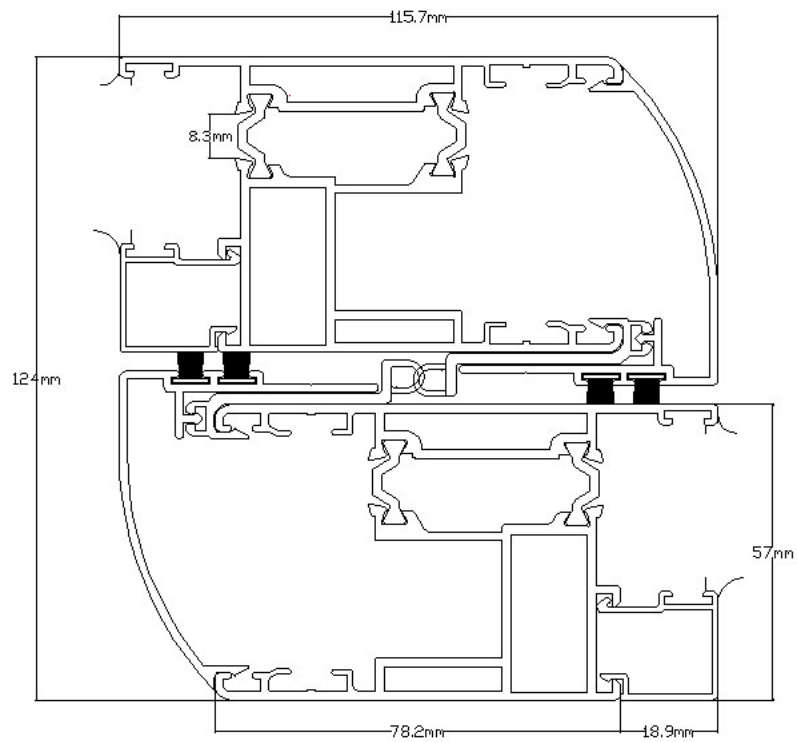
Secciones simuladas



SERIE ELEVABLE Lateral derecho, lateral inferior carril interior y lateral superior carril interior



SERIE ELEVABLE Lateral izquierdo, lateral inferior carril exterior y lateral superior carril exterior



SERIE ELEVABLE Nudo central