

INFORME DE SIMULACIÓN

CLIENTE: **CLIMATAC S.L.**
SOLICITANTE: **JESUS MARTÍN MARTÍN**
DIRECCIÓN: **CTRA. HOYOS A CILLEROS KM 0,3
10850 HOYOS (CÁCERES)**

MATERIAL SIMULADO: **PERFILES DE MADERA**
OBJETO DE LA PETICIÓN: **CÁLCULO Y SIMULACIÓN DEL COEFICIENTE
DE TRANSMISIÓN TÉRMICA «U»
(EN ISO 10077-2:2003)**

FECHA DE RECEPCIÓN: **18.12.2007**
FECHA DE EMISIÓN DEL INFORME: **28.01.2008**

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 dieciocho (18) páginas y no podrá ser reproducido sin la autorización expresa de CIDEMCO, excepto cuando lo sea de forma íntegra.


Zelai Zarragoikoetxea
Técnico Área de Energía y Medio Ambiente
Dpto. Construcción


Sergio Saiz
Resp. Área Energía y Medio Ambiente
Dpto. Construcción


Asier Maiztegi
Director Dpto. Construcción



Índice

1. Antecedentes	3
2. Objetivos	3
3. Hipótesis de Cálculo	
3.1 Método computacional	4
3.2 Características de la muestra	4
3.3 Proceso de cálculo del coeficiente de transmisión térmica	6
4. Resultados	7
5. Transmisión en ventana completa	11
5.1 Método de cálculo según la norma UNE - EN ISO 10077-1:2001	13
5.2 Método de cálculo según el Código Técnico de Edificación.	15
6. Anexo	16

1. Antecedentes

El 18 de Diciembre de 2007 se recibieron en CIDEMCO, enviados por la empresa CLIMATAC S.L., planos de secciones de perfiles de ventana con las siguientes referencias:

- ALN0561 Central
- ALN0561 Lateral
- GU-934 Central
- GU-934 Lateral

Se solicitó para estos perfiles el cálculo teórico del **coeficiente de transmisión térmica** mediante simulaciones según la norma EN ISO 10077-2:2003 «*Thermal performance of windows, doors and shutters – Calculation of thermal transmittance. Part 2 Numerical method for frames*».

Con fecha 28 de Enero de 2008, CIDEMCO 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 CLIMATAC 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 EN ISO 10077-2:2003 «*Thermal performance of windows, doors and shutters – Calculation of thermal transmittance. Part 2 Numerical method for frames*».

En el informe se presenta el cálculo de una ventana completa incluyendo el vidrio, según el Código Técnico de Edificación y según la norma UNE-EN ISO 10077-1:2001.

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 ISO 10077-2:2003 «*Thermal performance of windows, doors and shutters- Calculation of thermal transmittance*», 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 2 sistemas marco+hoja correspondientes al lateral de la ventana y 2 sistemas que representan el nudo central. Se enviaron representados en planos en formato informático. En el anexo se muestran las secciones de los perfiles simulados, tal y como han sido enviadas por CLIMATAC 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)
Madera	0,18
Panel calibración	0,035
Sellante EPDM	0,25
Silicona	0,35

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».

Las resistencias superficiales utilizadas son las que establece la norma EN ISO 10077-2:2003 – 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.

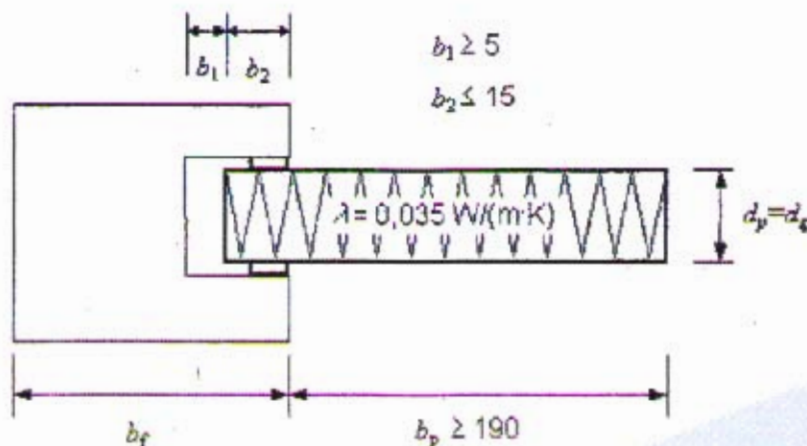
3.3. Proceso de cálculo del coeficiente de transmisión térmica

La norma EN ISO 10077-2:2003 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.
- 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 $\lambda=0.035 \text{ W/mK}$.
- U_p : coeficiente de transmisión térmica en el centro del panel de calibración.
- b_p : longitud visible del panel de calibración.
- b_f : longitud proyectada del marco.



4. Resultados

- ALN0561 Central

L_r^{2D} (W/mK)	U_p (W/m ² K)	b_p (m)	b_r (m)	U_f (W/m ² K)
0,82	1,59	0,38	0,12	1,7

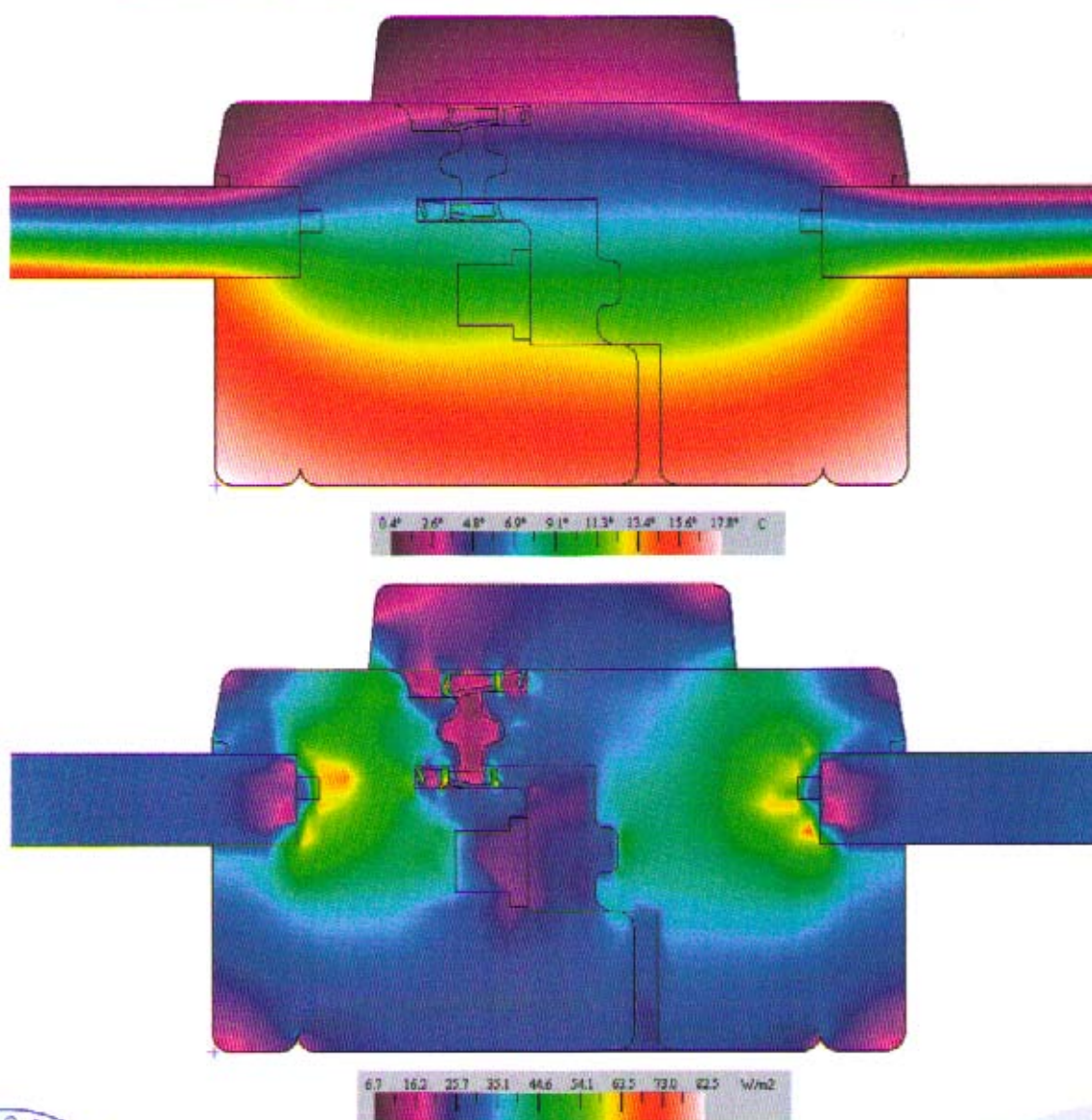


Fig. 1: Distribución de temperatura y flujo de calor en el perfil, junto con las escalas correspondientes.

▪ ALN0561 Lateral

L_f^{2D} (W/mK)	U_p (W/m ² K)	b_p (m)	b_f (m)	U_f (W/m ² K)
0,49	1,59	0,19	0,10	1,8

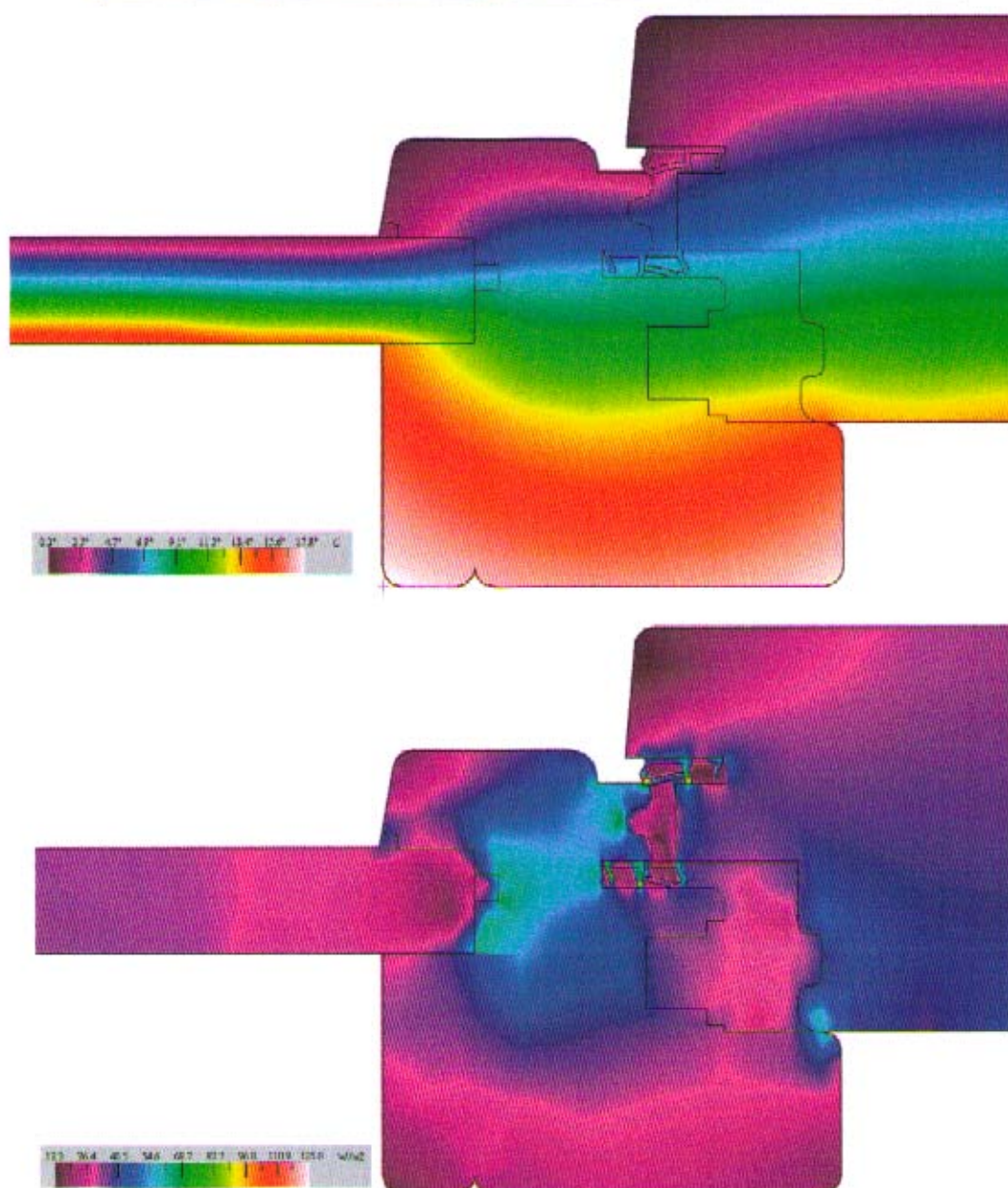


Fig. 2: Distribución de temperatura y flujo de calor en el perfil, junto con las escalas correspondientes.

- GU-934 Central

L_f^{2D} (W/mK)	U_p (W/m ² K)	b_p (m)	b_f (m)	U_f (W/m ² K)
0,57	1,09	0,38	0,095	1,9

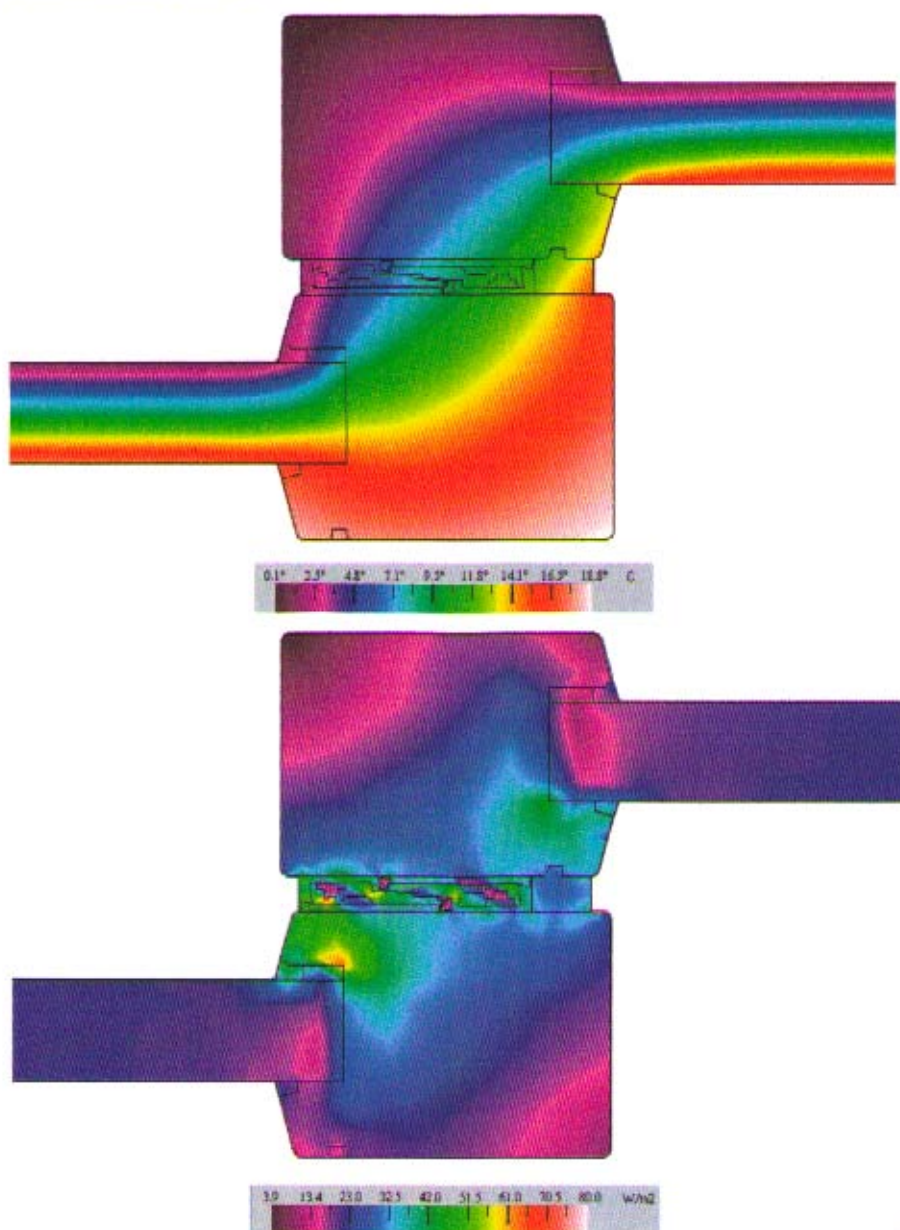


Fig. 3: Distribución de temperatura y flujo de calor en el perfil, junto con las escalas correspondientes.

▪ GU-934 Lateral

L_f^{2D} (W/mK)	U_p (W/m ² K)	b_p (m)	b_f (m)	U_f (W/m ² K)
0,44	1,03	0,19	0,15	1,6

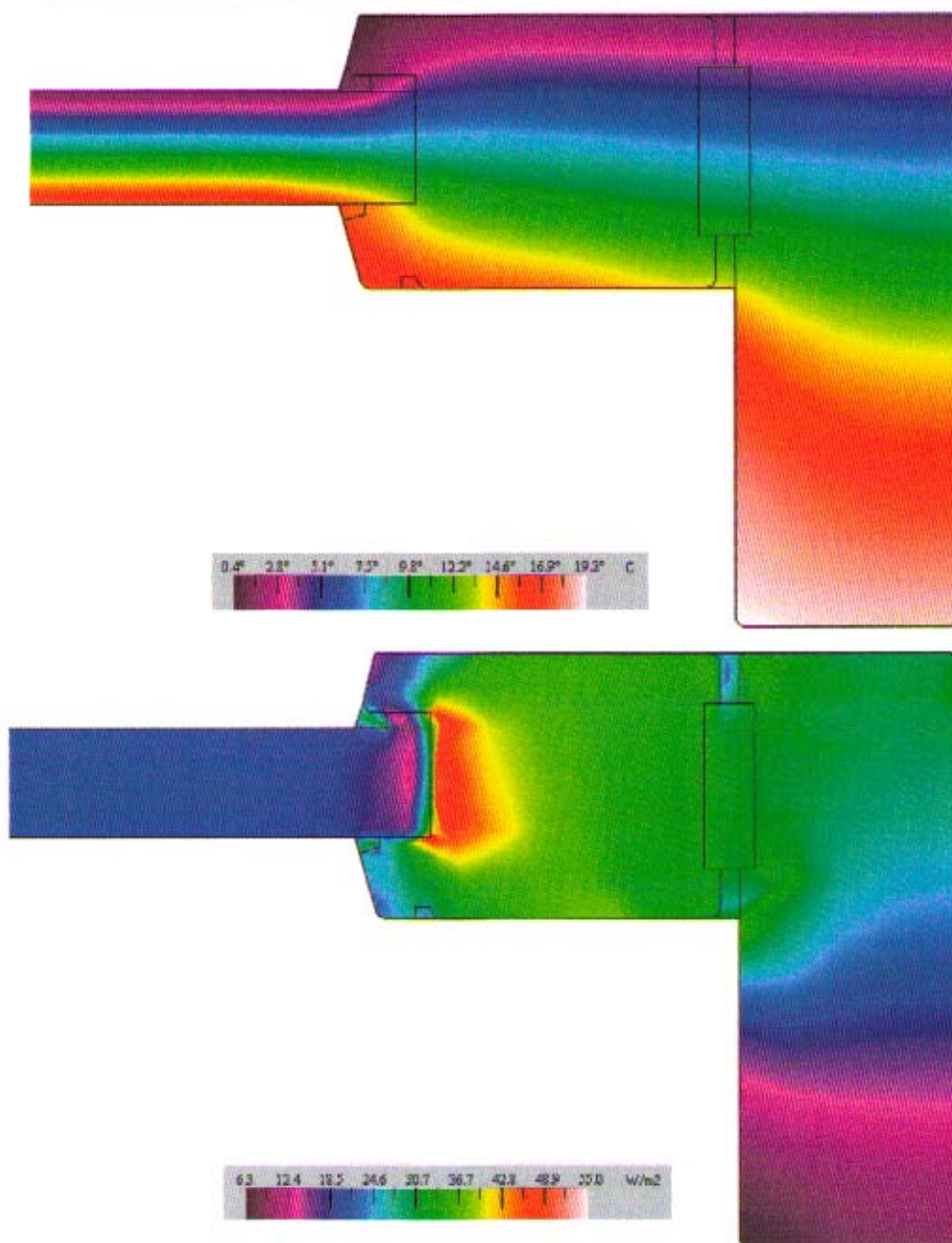


Fig. 4: Distribución de temperatura y flujo de calor en el perfil, junto con las escalas correspondientes.

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 1,2x1,2 m.

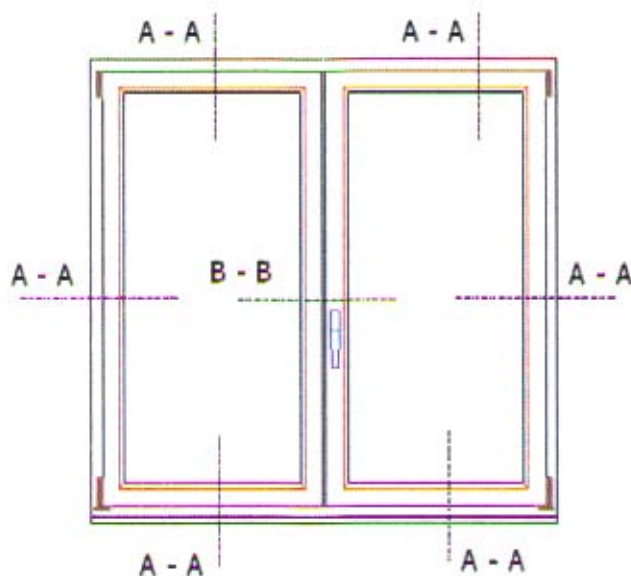


Fig. 5. Ventana

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

$$U_{ALN0561 \text{ Central}} = 1,7 \text{ W/m}^2\text{K}$$

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

$$U_{ALN0561 \text{ Lateral}} = 1,8 \text{ W/m}^2\text{K}$$

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

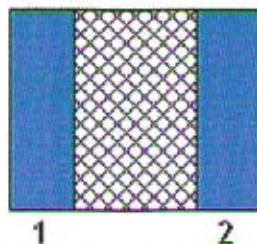


Fig. 6. Detalle del Doble Acristalamiento

El vidrio 1 es de 4 mm, la cámara de aire es de 8 mm de espesor, y el vidrio 2 es de 4 mm siendo la anchura total de 16 mm.

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

$$\begin{aligned}\text{Peso} &= 20 \text{ kg/m}^2 \\ \text{Factor solar} &= 0,75 \\ \text{Ug} &= 3,1 \text{ W/m}^2\text{K}\end{aligned}$$

En cuanto a las dimensiones correspondientes a cada elemento:

$A_g = 0,87 \text{ m}^2$	área correspondiente al acristalamiento
$A_{f_{lat}} = 0,45 \text{ m}^2$	área proyectada correspondiente al marco lateral
$A_{f_{cent}} = 0,12 \text{ m}^2$	área proyectada correspondiente al marco central
$l_g = 5,71 \text{ m}$	perímetro total visible del acristalamiento

Los cálculos se realizan según la metodología recogida en la norma UNE-EN ISO 10077-1:2001: "Cálculo del coeficiente de Transmisión Térmica", y según la metodología recogida en el apéndice E.1.4.1 del Documento Básico HE1, de Ahorro de Energía del Código Técnico de Edificación: "Transmitancia térmica de huecos".

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 10077-2:2003, 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 $\Psi^{2)}$, para los espacios de acristalamiento en aluminio y acero (no inoxidable)

Material del marco	Acristalamiento doble o triple, cristal no revestido, cámara de aire o gas ψ W/(m·K)	Acristalamiento doble con baja emisibilidad, triple con dos capas de baja emisibilidad, cámara de aire o gas 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
- U_g es el coeficiente de transmisión térmica del acristalado
- U_f es el coeficiente de transmisión térmica del marco
- ψ_g es el coeficiente de transmisión térmica lineal debido a los efectos térmicos combinados del intercalado, del cristal y del marco
- A_g es el área correspondiente al acristalamiento
- A_f es el área proyectada correspondiente al marco
- l_g es el perímetro total visible del acristalamiento

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

$$\psi_g = 0,04 \text{ W/mK}$$

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 ² K)
2,7

5.2. Método de cálculo según el Código Técnico de Edificación.

El Código Técnico de la Edificación, recientemente aprobado, **ofrece una versión diferente para el método de cálculo** del coeficiente de transmisión térmica para los huecos (ventanas y puertas).

La transmitancia térmica de los huecos U_w (W/m²K) se determina mediante la siguiente expresión:

$$U_H = (1-FM) \cdot U_g + FM \cdot U_f \text{ equivalente a } U_H = \frac{A_g \cdot U_g + A_f \cdot U_f}{A_g + A_f}$$

Siendo

FM es la fracción de marco.

U_H es el coeficiente de transmisión térmica correspondiente a la ventana

U_g es el coeficiente de transmisión térmica del acristalado.

U_f es el coeficiente de transmisión térmica del marco.

A_g es el área correspondiente al acristalamiento

A_f es el área proyectada correspondiente al marco

La diferencia está en que **el CTE ha omitido el término $I_g \cdot \psi$ correspondiente al efecto de borde** que se produce en el acristalamiento.

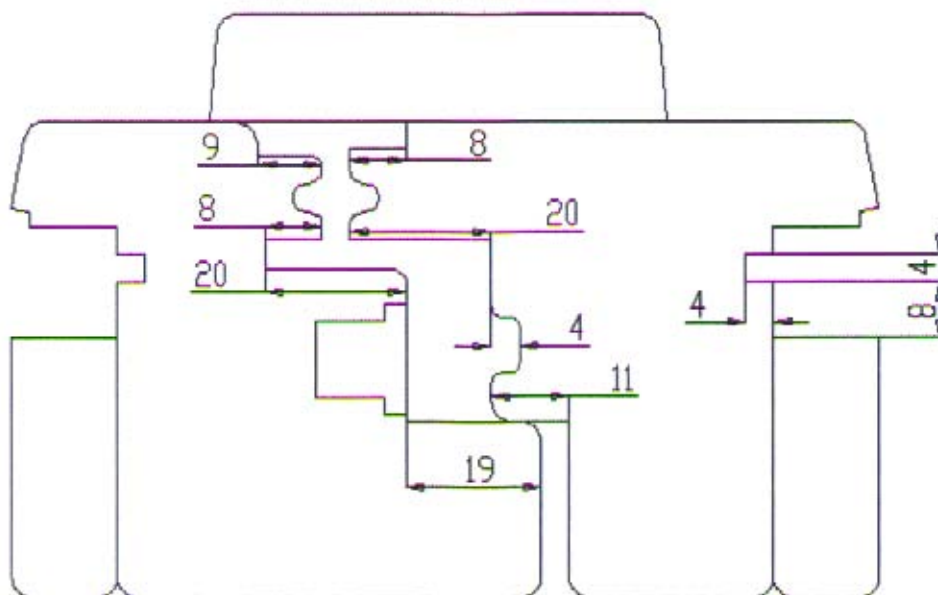
Desde un punto de vista técnico, el valor de U declarado para los dobles acristalamientos corresponde al **valor en el centro de un doble acristalamiento** de dimensiones suficientemente grandes. Por ello, emplear este valor para toda la superficie de vidrio conlleva un error apreciable, al menos cuando el intercalario es metálico, cosa que ocurre en la inmensa mayoría de los dobles acristalamientos.

Aplicando la fórmula propuesta por el CTE, el coeficiente de transmisión térmica de la ventana completa es:

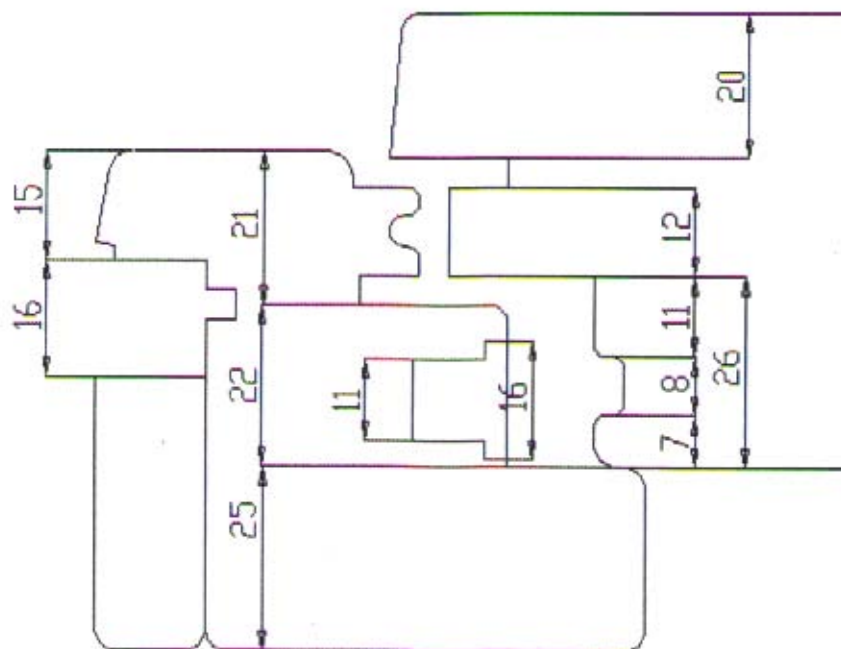
U_w (W/m ² K)
2,6

ANEXO

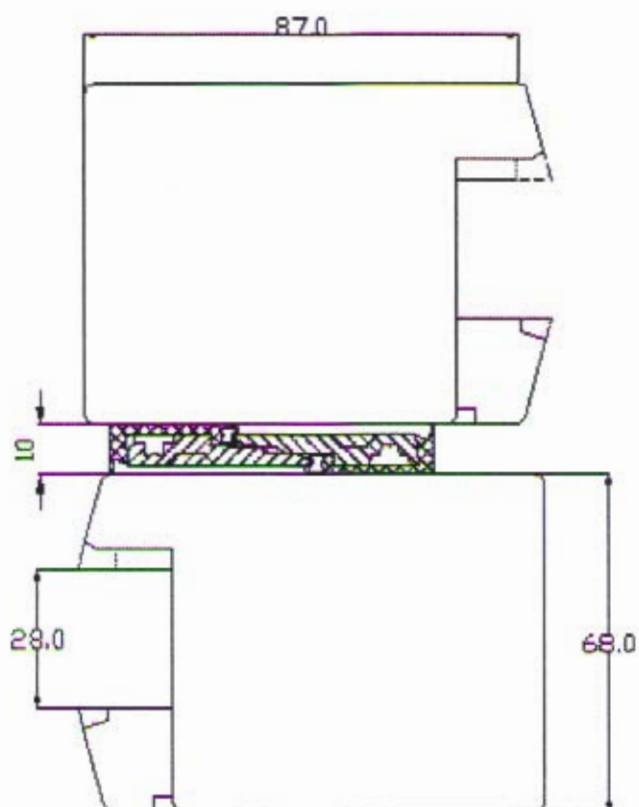
Secciones simuladas



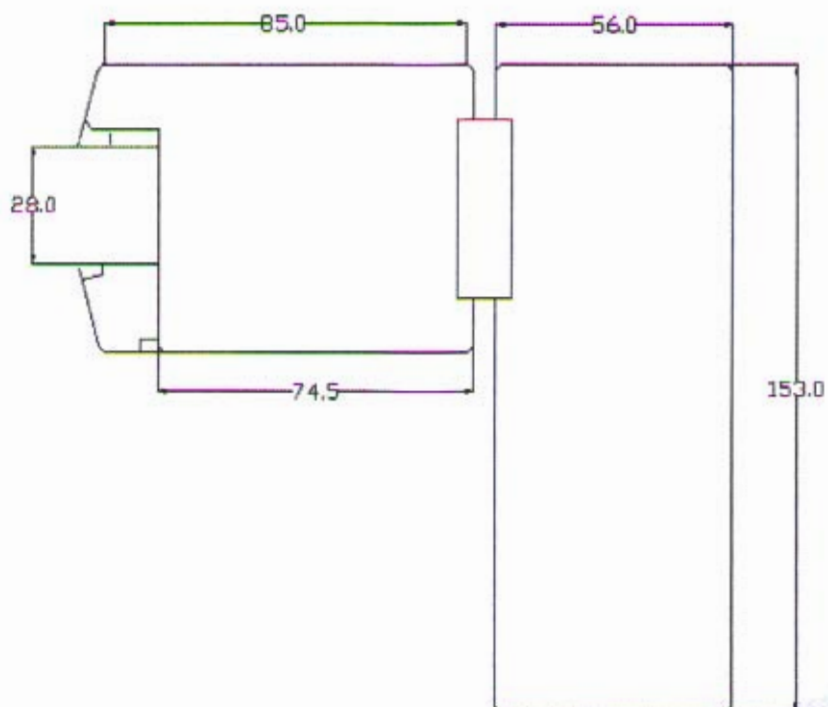
ALN0561 Central



ALN0561 Lateral



GU-934 Central



GU-934 Lateral