

CIDEMCO-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.es
cidemco@cidemco.es

Nº INFORME: 25414-2. Hoja 1 de 19

INFORME DE SIMULACIÓN

CLIENTE: **CLIMATAC S.L.**
SOLICITANTE: **JESÚS MARTÍN**
DIRECCIÓN: **CRTA. HOYOS A CILLEROS km 0,3
10850 HOYOS (CACERES)**

MATERIAL SIMULADO: PERFILES DE MADERA

**REF: "CLIMATAC PLUS/78 CON VIDRIO 4/10/5/10/4
BAJO EMISIVO Y CRIPTÓN"**

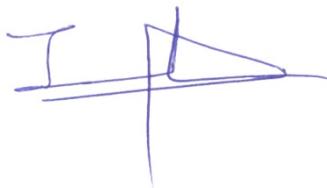
**OBJETO DE LA PETICIÓN: CÁLCULO Y SIMULACIÓN DEL COEFICIENTE
DE TRANSMISIÓN TÉRMICA «U».
(UNE-EN ISO 10077-2:2008 Y UNE-EN ISO
10077-1:2001)**

FECHA DE RECEPCIÓN: **01.06.2010**
FECHA DE EMISIÓN DEL INFORME: **14.06.2010**

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, excepto cuando lo sea de forma íntegra.

cidemco
tecnalia



Joseba Garmendia
Técnico Área Energía y Medio Ambiente
Dpto. Construcción



Sergio Saiz
Resp. Área Energía y Medio Ambiente
Dpto. 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 | 17 |

1. Antecedentes

El 24 de Mayo de 2010 se recibieron en CIDEMCO-Tecnalia, enviados por la empresa CLIMATAC S.L. planos de secciones de perfiles de ventana con las siguientes referencias:

- SERIE CLIMATAC PLUS/78 Lateral superior, izquierdo y derecho
- SERIE CLIMATAC PLUS/78 Lateral inferior
- SERIE CLIMATAC PLUS/78 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 14 de Junio 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 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 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 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 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 2 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 madera y sellante EPDM. En el anexo se muestran las piezas de 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 de pino | 0,15 |
| Sellante EPDM | 0,25 |
| Aluminio aleación | 160 |
| 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

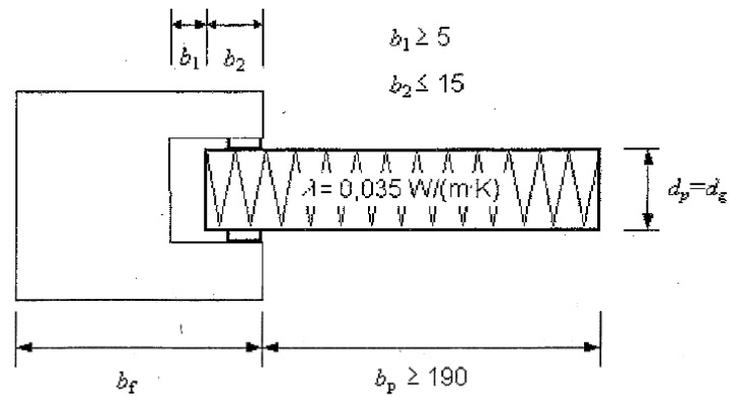
La norma UNE EN ISO 10077-2:2008 establece el procedimiento para calcular el coeficiente de transmisión térmica del marco. Dicha magnitud se calcula para cada sección de acuerdo con la expresión:

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

Donde,

- **U_f** : Coeficiente de transmisión térmica del marco, (W/m² 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 λ=0.035 W/mK.
- U_p : coeficiente de transmisión térmica en el centro del panel de calibración, (W/m² K).

- b_p : longitud visible del panel de calibración, (m).
- b_f : longitud proyectada del marco, (m).



4. Resultados

SERIE CLIMATAC PLUS/78 Lateral superior, izquierdo y derecho

| L_f^{2D} (W/mK) | U_p (W/m ² K) | b_p (m) | b_f (m) | U_f (W/m ² K) |
|----------------------|-------------------------------|--------------|--------------|-------------------------------|
| 0,34 | 0,90 | 0,19 | 0,13 | 1,4 |

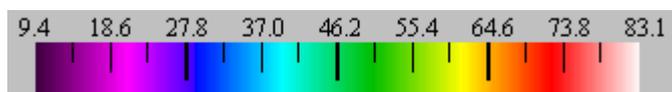
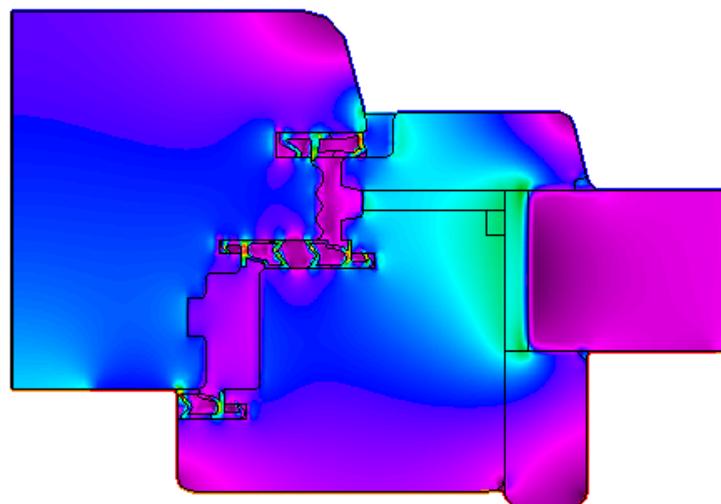
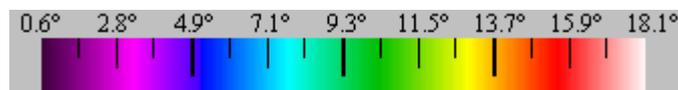
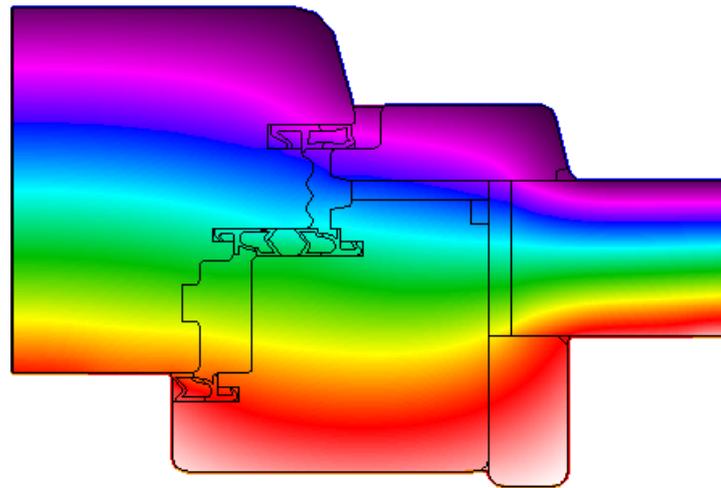


Fig. 1: Distribución de temperatura y flujo de calor en el perfil, junto con las escalas correspondientes (unidades representadas en °C y W/m²K respectivamente).

SERIE CLIMATAC PLUS/78 Lateral inferior

| L_f^{2D} (W/mK) | U_p (W/m ² K) | b_p (m) | b_f (m) | U_f (W/m ² K) |
|----------------------|-------------------------------|--------------|--------------|-------------------------------|
| 0,36 | 0,90 | 0,19 | 0,13 | 1,5 |

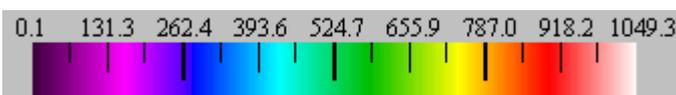
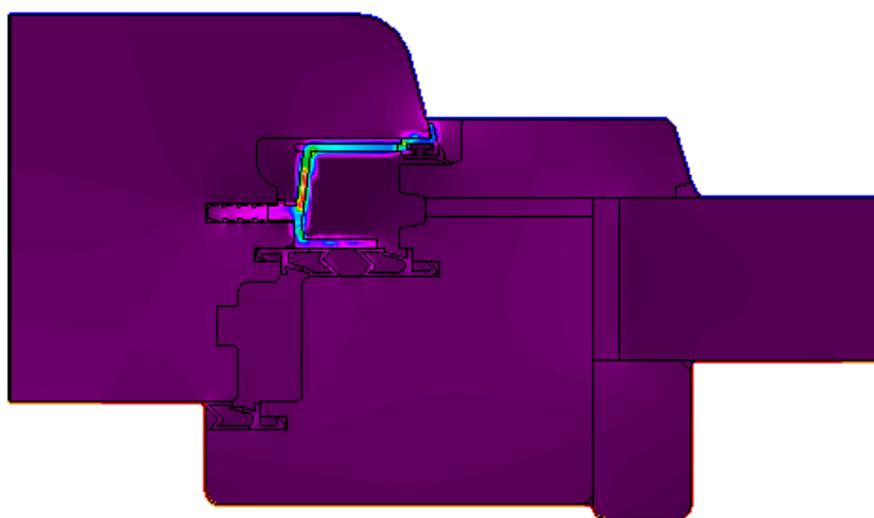
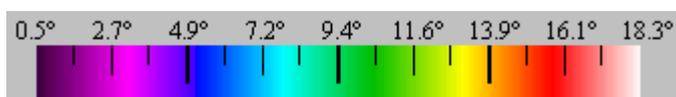
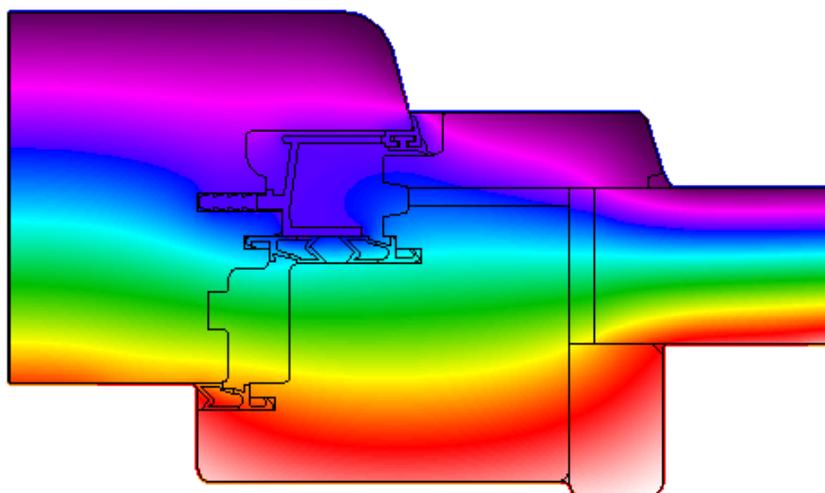


Fig. 2: Distribución de temperatura y flujo de calor en el perfil, junto con las escalas correspondientes (unidades representadas en °C y W/m² K respectivamente).

SERIE CLIMATAC PLUS/78 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) |
|----------------------|-------------------------------|--------------|--------------|-------------------------------|
| 0,54 | 0,90 | 0,38 | 0,15 | 1,3 |

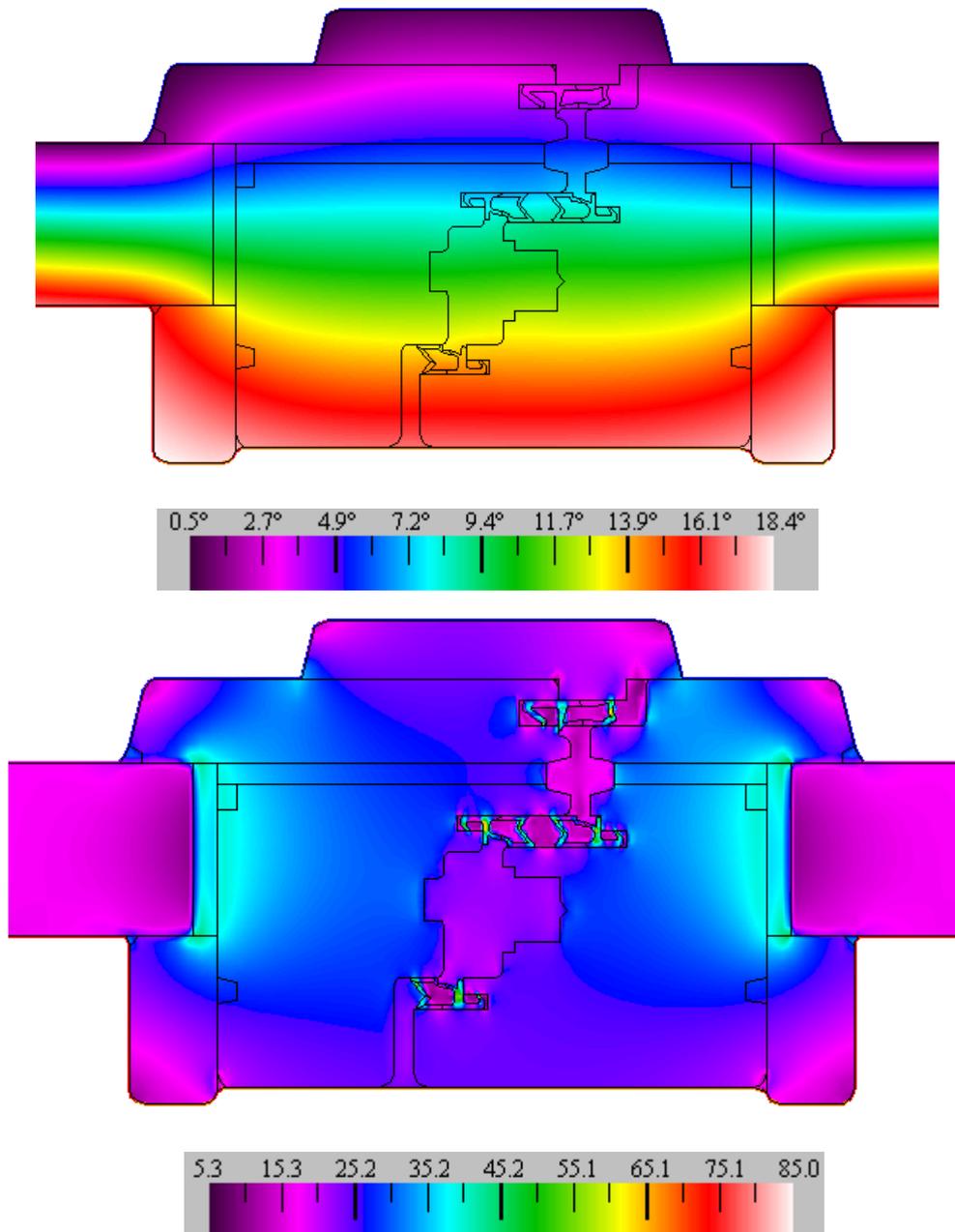


Fig. 3: Distribución de temperatura y flujo de calor en el perfil, junto con las escalas correspondientes (unidades representadas en °C y W/m²K respectivamente).

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 1,23 x 1,48 metros y para otra de dimensiones 1,48 x 2,18 metros.

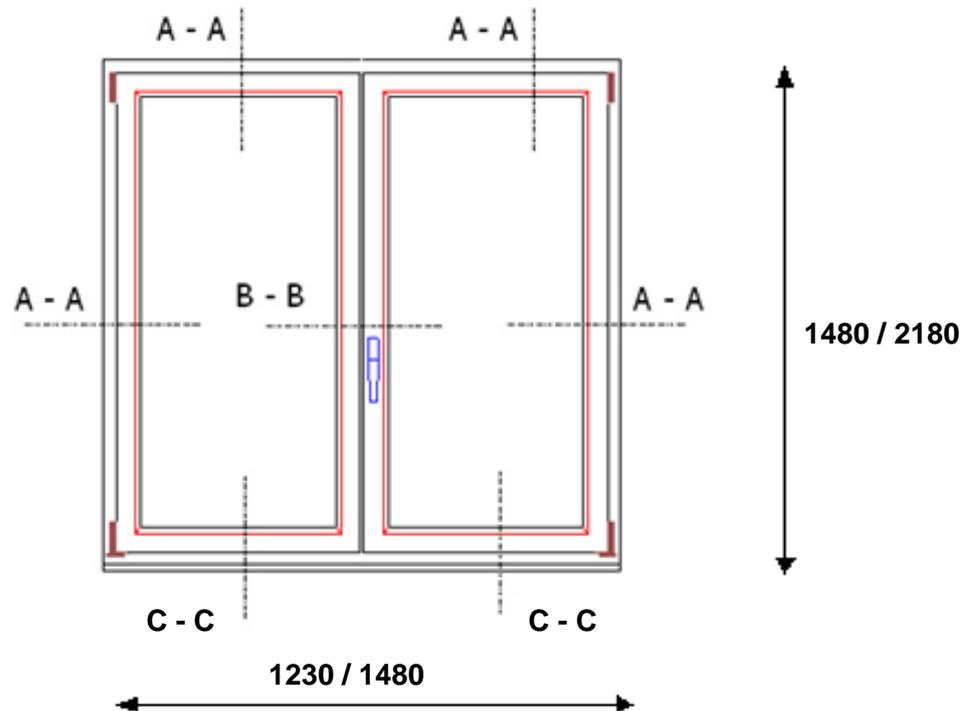


Fig. 4. Ventana

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

SERIE CLIMATAC PLUS/78 Lateral superior, izquierdo y derecho $U_f = 1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$

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

SERIE CLIMATAC PLUS/78 Nudo Central $U_f = 1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$

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

SERIE CLIMATAC PLUS/78 Lateral inferior $U_f = 1,5 \text{ W/m}^2\text{K}$

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

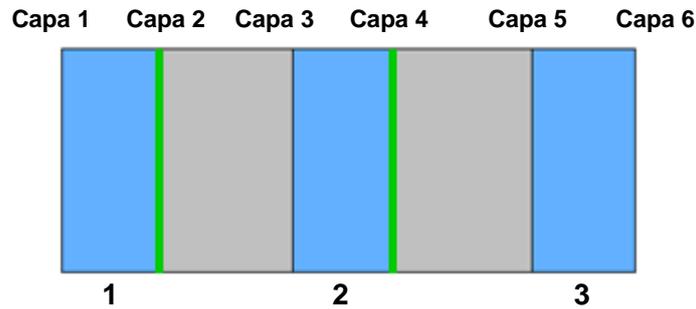


Fig.5. Detalle del Triple Acristalamiento

Los vidrios son de 4 mm, 5 mm y 4mm con capas bajo emisivas Planitherm Total 1,3 en las capas 2 y 4. Las cámaras son de un 95 % de criptón con un espesor de 10 mm.

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

Peso= 37,5 kg/m²

Factor solar = 0,47

Ug = 0,2 W/m²K

Las dimensiones correspondientes a cada elemento de la ventana de dimensiones 1,23 x 1,48 metros:

A_g = 1,016 m²

área correspondiente al acristalamiento

A_f Lateral superior= 0,130 m²

área correspondiente al perfil lateral superior

A_f Lateral izquierdo= 0,171 m²

área correspondiente al perfil lateral izquierdo

A_f Lateral derecho= 0,171 m²

área correspondiente al perfil lateral derecho

A_f Lateral inferior= 0,130 m²

área correspondiente al perfil lateral inferior

A_f Nudo Central= 0,200 m²

área correspondiente al nudo central.

l_g= 6,566 m

perímetro total visible del acristalamiento

En cuanto a las dimensiones correspondientes a cada elemento de la ventana de dimensiones 1,48 x 2,18 metros:

A_g = 2,078 m²

área correspondiente al acristalamiento

A_f Lateral superior= 0,162 m²

área correspondiente al perfil lateral superior

A_f Lateral izquierdo= 0,260 m²

área correspondiente al perfil lateral izquierdo

A_f Lateral derecho= 0,260 m²

área correspondiente al perfil lateral derecho

A_f Lateral inferior= 0,162 m²

área correspondiente al perfil lateral inferior

A_f Nudo Central= 0,304 m²

área correspondiente al nudo central.

$l_g = 9,866 \text{ m}$

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:

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

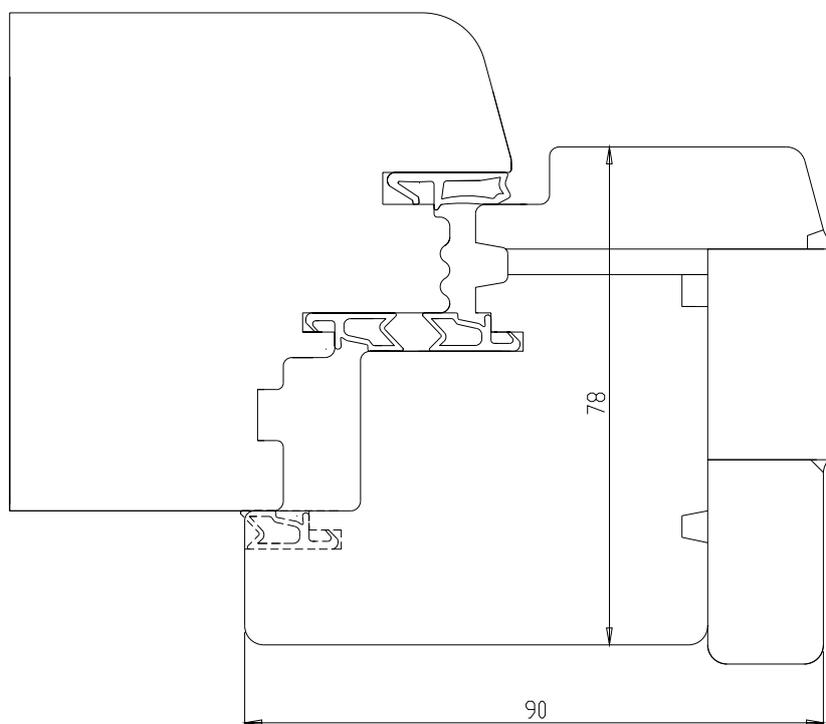
Por tanto, el coeficiente de transmisión térmica de la ventana completa según la norma UNE - EN ISO 10077-1:2001 es:

| U_w 1,23 x 1,48 (W/m^2K) | U_w 1,48 x 2,18 (W/m^2K) |
|-----------------------------------|-----------------------------------|
| 0,9 | 0,8 |

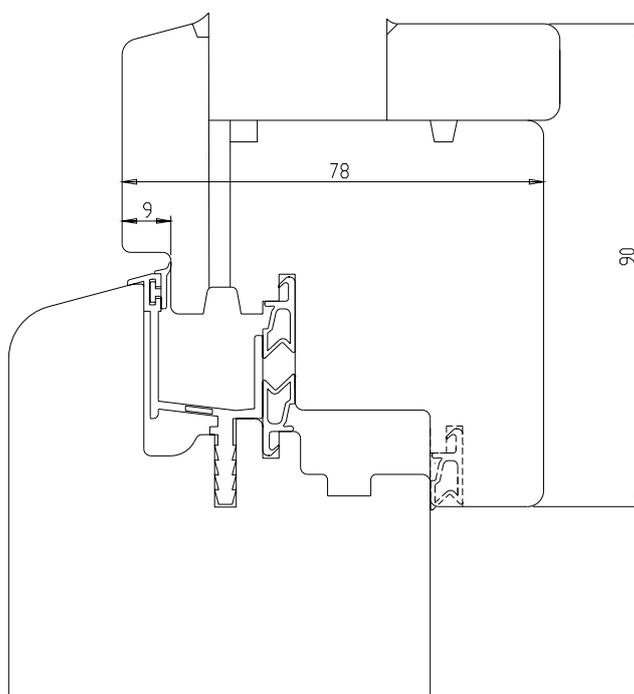
NOTA: Los valores de transmitancia térmica de ventana completa (U_w) recogidos en este informe corresponden a unas dimensiones de ventana y tipo de acristalamiento determinados, cualquier variación en los mismos dará lugar a variaciones en el resultado.

ANEXO

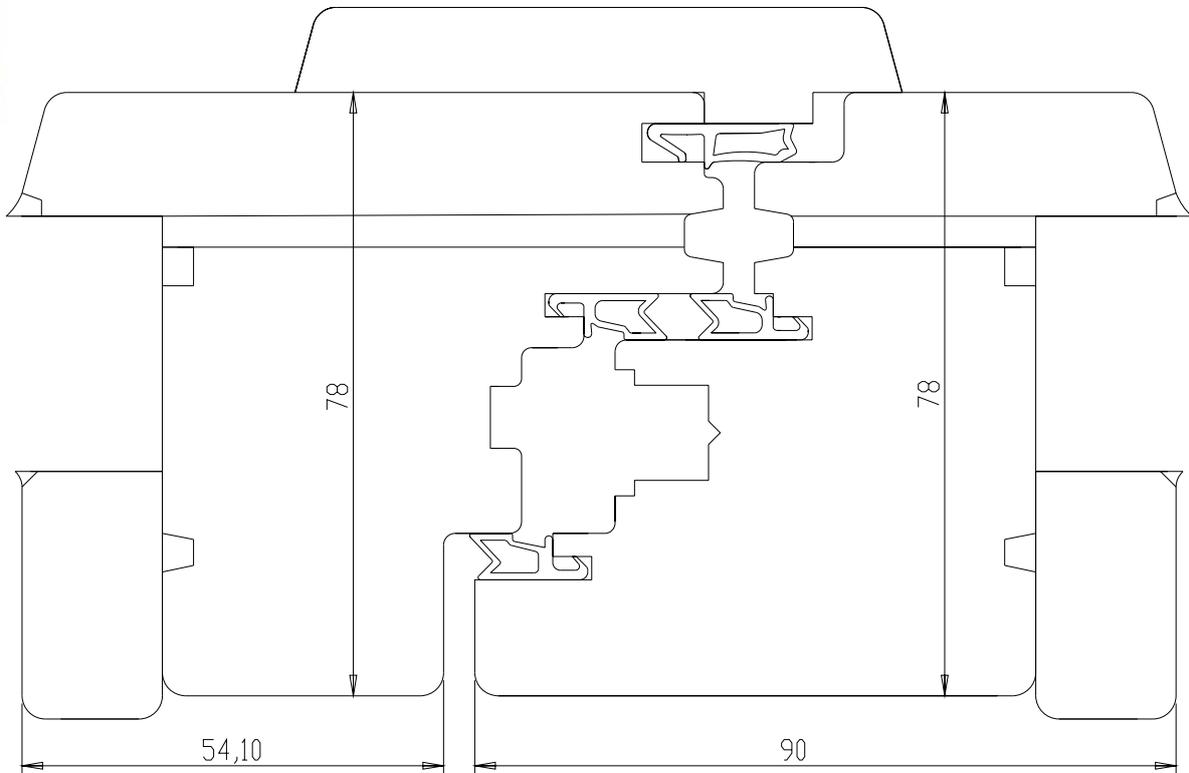
Secciones simuladas



SERIE CLIMATAC PLUS/78 Lateral superior, izquierdo y derecho



SERIE CLIMATAC PLUS/78 Lateral inferior



SERIE CLIMATAC PLUS/78 Nudo Central