

Nº INFORME 14_07754

CLIENTE	PUERTAS ASTURMEX
PERSONA DE CONTACTO	ENRIQUE GARCÍA
DIRECCIÓN	NORTE 45 No. 686 Col. Industrial Vallejo Azcapotlazgo MX-02300 Distrito Federal
OBJETO	CÁLCULO Y SIMULACIÓN DEL COEFICIENTE DE TRANSMISIÓN TÉRMICA «U» (UNE-EN ISO 10077-1:2010)
MUESTRA ENSAYADA	PUERTA, REF.: «FIRESTOP»
FECHA DE RECEPCIÓN	24.01.2014
FECHAS DE ENSAYO	30.01.2014 – 04.02.2014
FECHA DE EMISIÓN DEL INFORME ORIGINAL	25.02.2014
FECHA DE EMISIÓN	16.10.2014



* 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.

INDICE

1.	<i>Antecedentes</i>	3
2.	<i>Objetivos</i>	4
3.	<i>Hipótesis de Cálculo</i>	5
	3.1 <i>Método computacional</i>	5
	3.2 <i>Características de la muestra</i>	5
	3.3 <i>Proceso de cálculo del coeficiente de transmisión térmica</i>	7
4.	<i>Resultados</i>	8
5.	<i>Transmisión térmica de la puerta completa</i>	9
	5.1 <i>Método de cálculo según la norma UNE - EN ISO 10077-1:2010</i>	11
6.	<i>ANEXOS</i>	13

1. Antecedentes

El 24 de enero se recibieron en TECNALIA, enviados por la empresa PUERTAS ACORAZADAS ASTURMADI, planos de secciones del marco y la hoja correspondiente a la puerta con la siguiente referencia:

«**FIRESTOP**»

Se solicitó para estos marcos y hoja el cálculo teórico del **coeficiente de transmisión térmica** 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 puerta 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 24 de febrero de 2014, TECNALIA emite el presente informe con los resultados obtenidos, detallados a continuación.

Nota: El presente informe es una copia del informe nº 14_04616

2. Objetivos

El objetivo del presente informe es caracterizar térmicamente la puerta enviada por PUERTAS ACORAZADAS ASTURMADI. Para ello se calculará el coeficiente de transmisión térmica de los marcos y la hoja que lo conforman, 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 puerta completa incluyendo la hoja, teniendo en cuenta el efecto borde de interacción entre el conjunto marco-hoja.

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 1745:2013 «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 marco perimetral, excluyendo la parte inferior de la puerta que no lleva ningún marco, de una puerta metálica. El cliente envió las secciones de los cortes vertical y horizontal de la puerta, mostrando el diseño del marco y la composición de la hoja. El marco está constituido de acero. En el anexo se muestran las secciones de los cortes, tal y como han sido enviadas por PUERTAS ACORAZADAS ASTURMADI.

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

Material	λ (W/m·K)
Acero	50
Aislante de ROCKWOOL "PANEL 755"	0,039
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 UNE-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 UNE-EN ISO 12567-1 de determinación experimental de las propiedades de transmisión térmica de ventanas y puertas. 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.

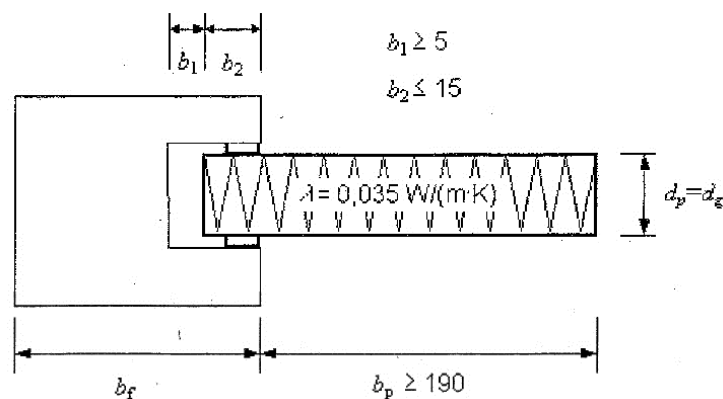
3.3. Proceso de cálculo del coeficiente de transmisión térmica

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 : 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

«FIRESTOP» Lateral derecho, izquierdo y superior

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	0,63	0,20	0,05	5,3

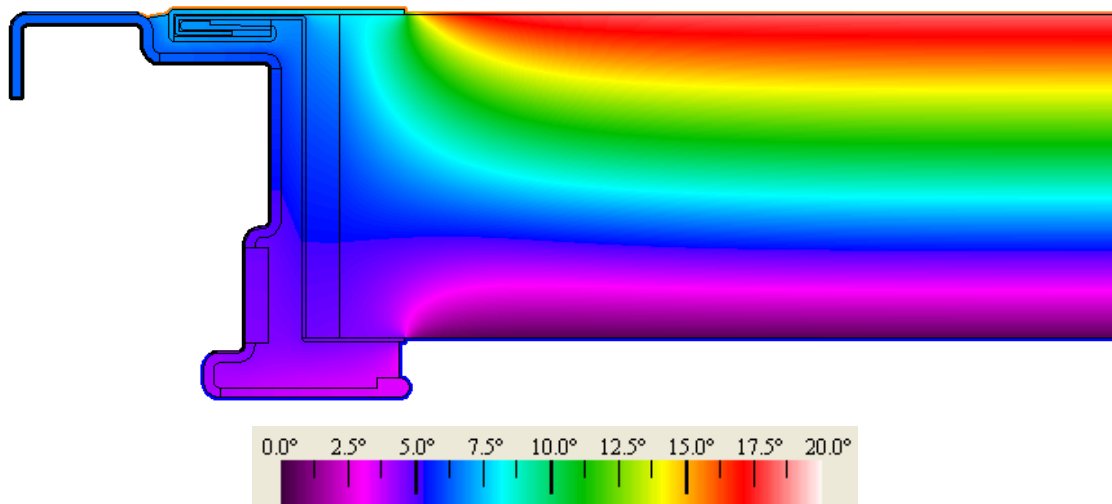


Fig. 1: Distribución de temperatura en el marco, junto con la escala en °C.

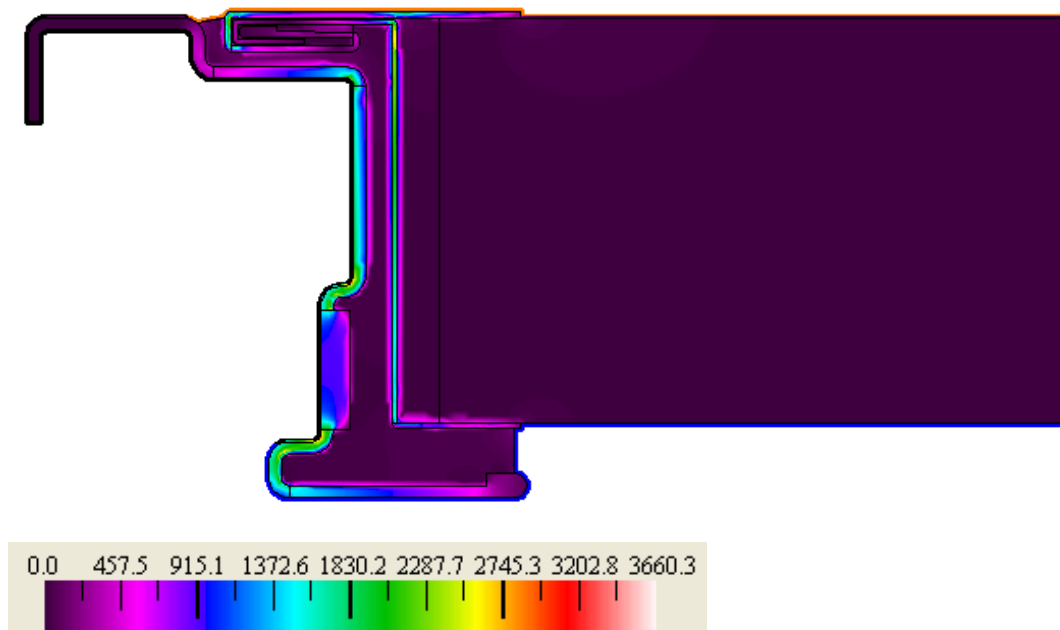


Fig. 2: Distribución del flujo de calor en el marco, junto con la escala en W/m².

5. Transmisión térmica de la puerta completa

A continuación se procede al cálculo del coeficiente de transmisión térmica, U_D , de la puerta completa. Tal y como se ha indicado en el apartado anterior, esta puerta está formada por un marco perimetral y no dispone de ningún marco en la parte inferior. El cálculo de transmisión térmica, U_D , se realiza para una puerta de dimensiones (0,935 x 2,075) m.

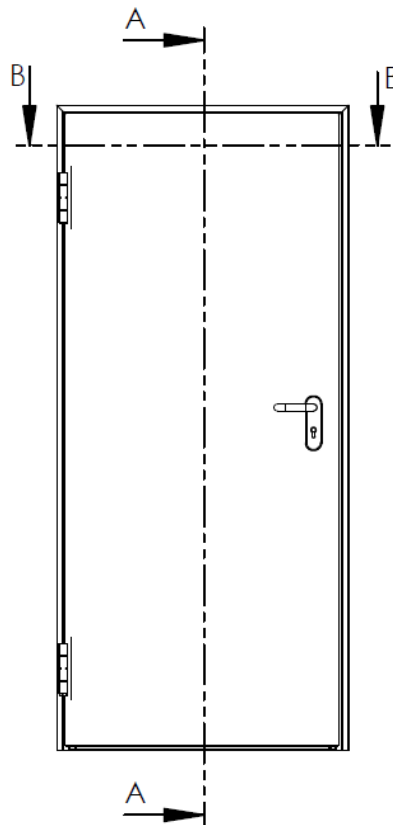


Fig. 3. Puerta FIRESTOP

La sección del marco de la puerta (A-A, y B-B) corresponde:

«FIRESTOP» marco perimetral $U_f = 5,3 \text{ W/m}^2\text{K}$

La hoja de la puerta está constituida por dos chapas de acero de 0,7mm de espesor, y forma una cámara interna rellena de aislante Rockwool Panel 755 de 50 mm de grosor.

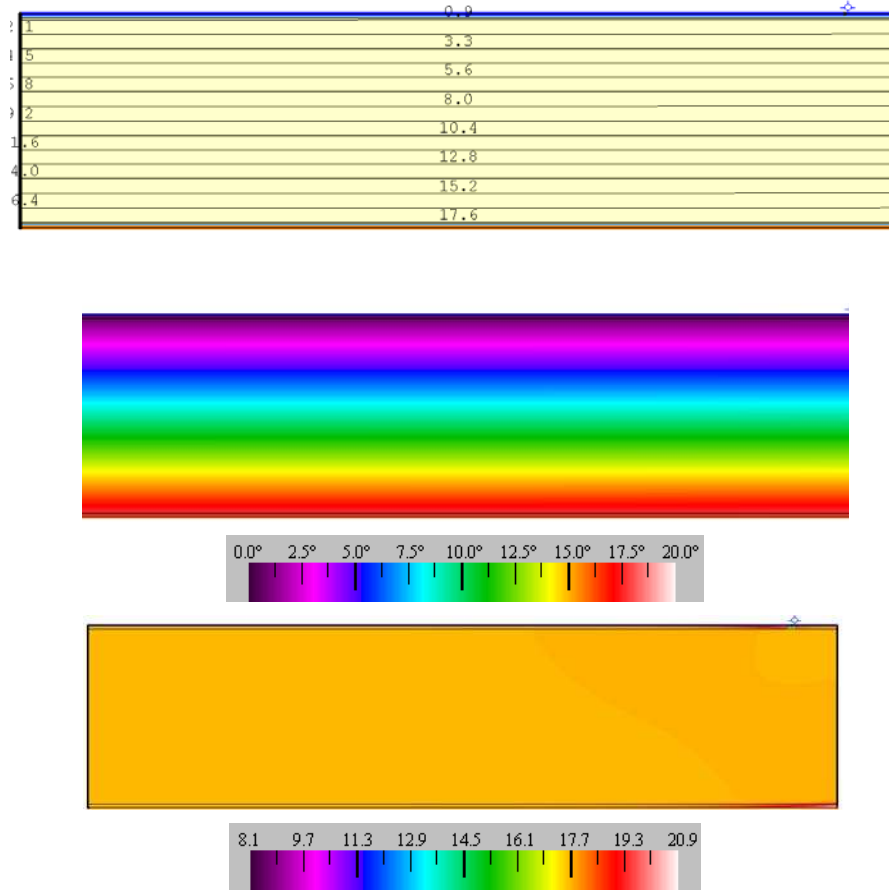


Fig.4. Detalle de la Hoja de la puerta

La transmitancia térmica de la hoja de la puerta es de **U_{panel/hoja} = 0,7 W/m²K**

En cuanto a las dimensiones correspondientes a cada elemento:

A_{Lateral derecho} = 0,085 m² área correspondiente al lateral derecho

A_{f Lateral izquierdo} = 0,085 m² área correspondiente al lateral izquierdo

A_{Lateral superior} = 0,038 m² área correspondiente al lateral superior

A_{Lateral inferior} = 0,000 m² área correspondiente al lateral inferior

L_{perimetro} = 5,769 m perímetro de la puerta

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

Con el valor de transmisión de las partes simuladas y sus superficies, se procede a calcular el valor del coeficiente de transmisión térmica de la puerta 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.

$$U_d = \frac{A_p \cdot U_p + A_f \cdot U_f + \psi_p \cdot l_p}{A_p + A_f}$$

donde,

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

U_p es el coeficiente de transmisión térmica del panel u hoja ($W/m^2 K$)

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

A_p es el área correspondiente al panel u hoja (m^2)

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

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

l_g es el perímetro total visible del panel (m)

Teniendo en cuenta el panel y su interacción con el marco se ha considerado oportuno calcular los factores de borde de cada marco para asemejarse lo máximo posible a la realidad. Por ello, y siguiendo la metodología recogida en la norma UNE-EN ISO 10077-2:2012, establecida para la determinación de la transmitancia térmica lineal los resultados son los siguientes:

	«FIRESTOP»
Ψ (W/mK)	0,02

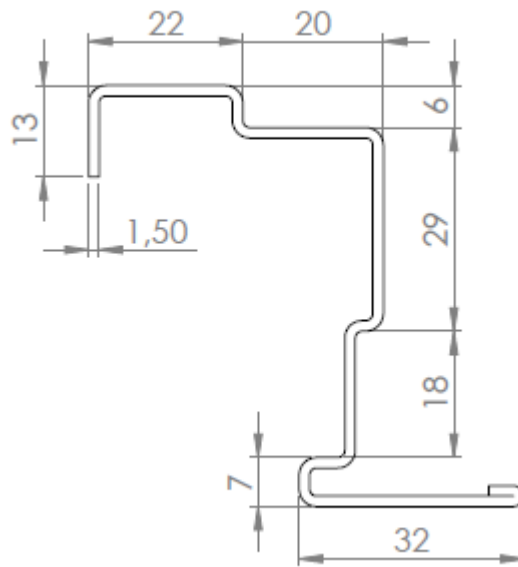
Por tanto, el coeficiente de transmisión térmica, U_D de la **PUERTA «FIRESTOP»** según la norma UNE - EN ISO 10077-1:2010 es:

U_D (W/m²K)
1,2

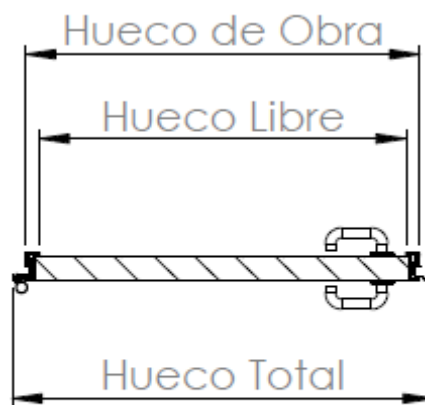
NOTA: Los valores de transmitancia térmica de puerta completa (U_D) recogidos en este informe corresponden a unas dimensiones de puerta y tipo de hoja determinados, cualquier variación en los mismos dará lugar a variaciones en el resultado

6. ANEXOS

Secciones simuladas

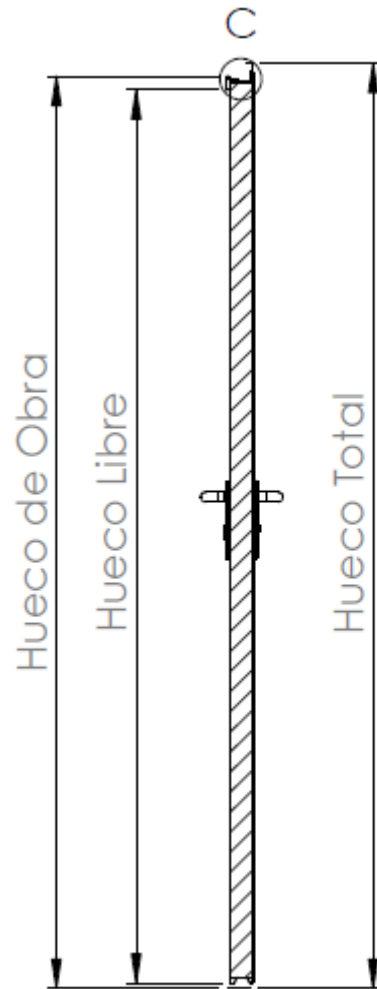


«FIRESTOP» marco



SECCIÓN B-B
ESCALA 1 : 20

«FIRESTOP» puerta



SECCIÓN A-A
ESCALA 1 : 20

«FIRESTOP» puerta