

# Catálogo de puentes térmicos YTONG 2015-2016

Coeficientes de transmisión térmica lineal  $\Psi$  y factores de temperatura  $f_{rsi}$  para detalles tipo en construcciones con elementos de hormigón celular **Ytong**



**YTONG**

**multipor**

1.	Introducción .....	3
1.1	Las nuevas exigencias del CTE.....	3
1.2	¿Qué son los puentes térmicos?.....	3
1.3	Cálculo de puentes térmicos .....	5
1.4	¿Longitudes de referencia exterior o referencia interior? .....	7
1.5	Análisis del riesgo de condensaciones.....	7
2	Catálogo de puentes térmicos .....	9
2.1	Programa de cálculo .....	9
2.2	Detalles calculados .....	10
a.	Pilares en tramo recto .....	10
b.	Pilar en esquina saliente o entrante.....	11
c.	Jambas de ventana .....	12
d.	Dinteles .....	13
e.	Antepechos .....	14
f.	Cantos de forjado, muros de cerramiento .....	15
g.	Cantos de forjado muros de carga, forjado de hormigón armado .....	16
h.	Cantos de forjado, muros de carga, forjado de placas Ytong.....	17
i.	Forjados en voladizo (balcones), placas Ytong .....	18
j.	Forjados en voladizo (balcones), forjado de hormigón armado (muro de carga) .....	19
k.	Forjados en voladizo (balcones), forjado de hormigón armado (muro de cerramiento) .....	20
l.	Forjado de hormigón armado en contacto con el exterior .....	21
m.	Cubierta plana, forjado de hormigón armado.....	22
n.	Cubierta plana, placas Ytong.....	24
o.	Detalles 9 – Encuentros con el suelo .....	25
p.	Muro con zunchos verticales .....	25
q.	Encuentro de muro exterior con muro interior.....	26
r.	Esquinas.....	27
3.	Ejemplo de cálculo con la herramienta unificada LIDER – CALENER.....	30

## 1. Introducción

### 1.1 Las nuevas exigencias del CTE

Las directivas europeas llevan años impulsando la eficiencia energética en la edificación, estableciendo en su última versión (2010/31/UE) que los edificios deben ser de consumo energético casi nulo para el año 2020 (2018 para los nuevos edificios públicos).

Para hacer frente a este gran reto, en septiembre de 2013 se publicó el nuevo Documento Básico de Ahorro de Energía DB HE del CTE, con grandes cambios respecto a la normativa hasta entonces vigente. Hay que destacar que para alcanzar el objetivo marcado para el 2020 aún serán necesarias futuras revisiones de la normativa.

Las exigencias básicas de la limitación de la demanda de energía establecidas en el CTE son, entre otras, las siguientes:

- conseguir un uso racional de la energía necesaria para la utilización de los edificios, reduciendo a límites sostenibles su consumo y conseguir asimismo que una parte de este consumo proceda de fuentes de energía renovable
- garantizar que se pueda alcanzar un bienestar térmico en los edificios limitando la demanda energética, en función del clima de la localidad, el uso del edificio y del régimen de verano e invierno
- reducir el riesgo de condensaciones superficiales e intersticiales que puedan perjudicar el aislamiento
- **tratamiento adecuado de los puentes térmicos, limitando al máximo las pérdidas de calor y evitando problemas higrotérmicos en los mismos**

Para la verificación del cumplimiento del CTE es necesario calcular la demanda energética y el consumo energético, y compararlo con los valores máximos que establece el CTE DB HE según la zona climática y superficie útil. Para ello se requiere una herramienta informática, por ejemplo la herramienta unificada LIDER-CALENER.

A diferencia de la versión anterior del DB HE (2009), ya no existe una opción simplificada de justificación, siendo el enfoque de la nueva normativa plenamente prestacional. Esto quiere decir que ya no se prescribe la forma de cómo conseguir el objetivo, lo cual ofrece mucha más libertad en el diseño del edificio y a su vez garantiza una prestación para el usuario final.

En el Documento de Apoyo al Documento básico HE Ahorro de energía DB-HE / 3 Puentes térmicos (mayo 2014) - a partir de aquí abreviado "DA DB HE 3 del CTE" - se describe el comportamiento higrotérmico de los puentes térmicos, los métodos de cálculo, etc. y finalmente incluye el Atlas de Puentes térmicos, en el que se recoge la caracterización de los puentes térmicos para las soluciones constructivas más habituales.

Los cálculos y las explicaciones que se dan en este documento están todos en acuerdo con lo definido en el CTE.

### 1.2 ¿Qué son los puentes térmicos?

Los puentes térmicos son zonas de la envolvente térmica en la que se altera considerablemente la transmitancia térmica normal de los elementos constructivos.

Esto ocurre en los siguientes casos (Imagen 1):

- ocupación parcial o total de la envolvente térmica por elementos con diferente conductividad térmica (ejemplo: pilares)
- cambio en el espesor de los elementos constructivos

- Superficie interior y exterior distinta (por ejemplo: esquinas de vivienda)
- Puentes térmicos ocasionados por ventilación indeseada (por ejemplo: falta de estanqueidad de carpintería)

Aparte de generar pérdidas energéticas, que pueden ser muy importantes (ver capítulo 3), tienen como consecuencia una alteración de la temperatura superficial.

En régimen de invierno la temperatura superficial interior en la zona del puente térmico puede provocar condensaciones superficiales en caso de ser inferior al punto de rocío. Ello puede conllevar a la aparición de hongos con consecuencias directas sobre la salubridad y la higiene.

Los parámetros que definen los puentes térmicos son la transmitancia térmica lineal ( $\psi$  en W/mK) y el factor de temperatura superficial  $f_{rsi}$ .

Debido a la complejidad del flujo de calor en un puente térmico, que no sigue una línea unidimensional a través de la envolvente sino que se desvía a las direcciones que le ofrecen menor resistencia (ver imagen 2), estos parámetros solo pueden ser calculados de forma precisa mediante programas informáticos especializados.

En la imagen 3 se muestra un cerramiento compuesto por un muro Ytong (parte izquierda) y un muro compuesto de un material macizo no aislante y un aislante interior, ambos con la misma transmitancia térmica  $U$  resultante. El material macizo no aislante sin embargo representa un punto débil de alta conductividad, lo que genera una desviación del flujo de calor que aporta pérdidas energéticas incrementadas y una bajada de la temperatura superficial en la zona afectada.

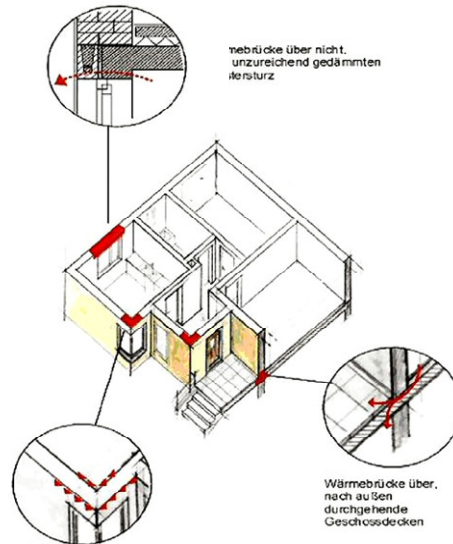


Imagen 1. Tipología de puentes térmicos

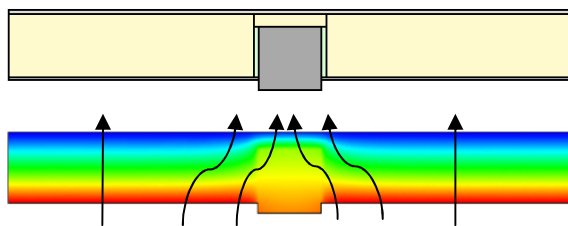


Imagen 2. Flujo bidimensional del calor en la zona de un puente térmico. Ejemplo muro de cerramiento Ytong con pilar de hormigón armado.

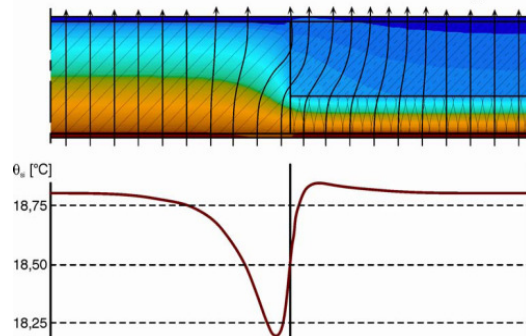


Imagen 3. Puente térmico en un cerramiento con cambio de disposición de materiales y transmitancia térmica  $U$  uniforme

### 1.3 Cálculo de puentes térmicos

La transmisión de calor a través de la envolvente térmica entre los ambientes interior y exterior se puede calcular mediante la siguiente fórmula, despreciando los puentes térmicos puntuales:

$$\Phi_T = \left( \sum U_i A_i + \sum \psi_j L_j \right) (\theta_i - \theta_e)$$

Con

$\Phi_T$  flujo de calor por conducción [W];

$U_i$  transmitancia térmica<sup>1</sup> del elemento i de la envolvente [W/m<sup>2</sup>K], de área  $A_i$  [m<sup>2</sup>];

$\psi_j$  transmitancia térmica lineal del encuentro j del edificio [W/mK] y  $L_j$  la longitud de ese encuentro [m];

$A_T$  superficie total de transmisión [m<sup>2</sup>].

Para simplificar el cálculo de las transmisiones de calor, la transmitancia total a través de la parte de la envolvente que se analiza (fachada, cubierta, etc.) se divide pues en un componente de transmisión unidimensional ( $U_i \cdot A_i$ ) y un componente de transmisión bidimensional ( $\psi_j \cdot L_j$ ), correspondiendo este último a los puentes térmicos.

La transmitancia térmica  $\psi$  describe la transferencia térmica adicional de un encuentro (puente térmico lineal) en relación a la transferencia térmica unidimensional de referencia que se produce en los elementos adyacentes.

$$\psi = \frac{\Phi_{2D}}{L(\theta_i - \theta_e)} - \sum_n (A_i U_i)$$

$\psi$  transmitancia térmica lineal [W/mK];

$\Phi_{2D}$  flujo de calor a través del elemento analizado mediante un modelo bidimensional [W];

$L$  longitud del encuentro [m];

$\theta_i - \theta_e$  diferencia de temperaturas entre interior y exterior [K];

$U_i$  transmitancia térmica del elemento adyacente i [W/m<sup>2</sup>K];

$A_i$  superficie a la que se aplica el valor  $U_i$  [m<sup>2</sup>].

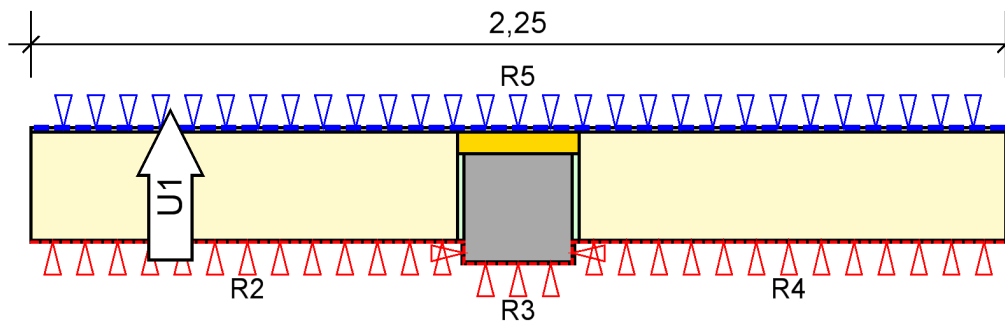
De hecho es ésta la fórmula que utilizan los programas de simulación como muestra el siguiente ejemplo (muro Ytong + pilar de hormigón), obtenido con el programa Psi-Therm 2012:

En este caso los resultados se expresan por metro de altura, siendo ésta la dimensión lineal del puente térmico.

El flujo total de calor es de 22,1168 W/m para una diferencia de temperatura exterior / interior de 25K, por lo que el flujo total de calor por 1K es de 0,88467 W/mK.

Para obtener la transmitancia térmica lineal  $\psi$  solamente hace falta restar de este flujo de calor la transmitancia térmica no alterada ("undisturbed") que estaríamos ya calculando para todo el cerramiento. Recordemos que la transmitancia térmica lineal  $\psi$  expresa la alteración o el diferencial del flujo sobre la transmitancia unidimensional  $U$  de cálculo.

O sea: 0,88467 W/mK - 0,333 W/m<sup>2</sup>K (U no alterada) x 2,25m (ancho total analizado) = 0,135 W/mK.



```

Total heat flow (positive)          Q+ = 22.11678 [W/m]
Total heat flow (from interior outwards) Q = 22.11678 [W/m]
=====

Psi-value calculation:
=====

Table of undisturbed U-values
Number  Description                Length  U-value undisturbed  Temperature correction factors
      [m]  [W/m2K]  Designation  Factor
-----
1      U1                2.250    0.333      F_e        1.000

Calculation of the L2D for 2 temperature conditions
Temperature difference (DeltaT) : 25.00000 [ K ]
L2D = Q / deltaT                = 0.88467 [ W/mK ]
=====

L2D                                = 0.885 [ W/mK ]
- (0.333 * 2.250 * 1.000)         = -0.749 [ W/mK ]
=====

Psi-value                          = 0.13531 [ W/mK ]

*****
*** E N D   o f   C A L C U L A T I O N   ***

```

Imagen 4: Extracto de informe de cálculo del programa de elementos finitos Psi-Therm 2012 y gráfico del puente térmico

En el DA DB HE 3 del CTE, apartado 3, en el que se describen los diferentes métodos de cálculo para puentes térmicos, se menciona el método detallado con modelado bidimensional que utiliza el programa Psi-Therm 2012 y que hemos empleado para elaborar este catálogo de puentes térmicos.

Como sería muy laborioso modelar los puentes térmicos con un software de este tipo para cada proyecto y éstos en muchos casos son repetitivos y/o muy similares, es práctica común y reconocida recurrir a valores tabulados, como los que publicamos en este catálogo para los detalles específicos de obras de Ytong.

## 1.4 ¿Longitudes de referencia exterior o referencia interior?

Es importante saber que para un mismo detalle de puente térmico el coeficiente  $\Psi$  difiere en función de si la superficie de la envolvente térmica se mide desde el interior o desde el exterior, como muestra el siguiente ejemplo de encuentro de un muro interior con un cerramiento.

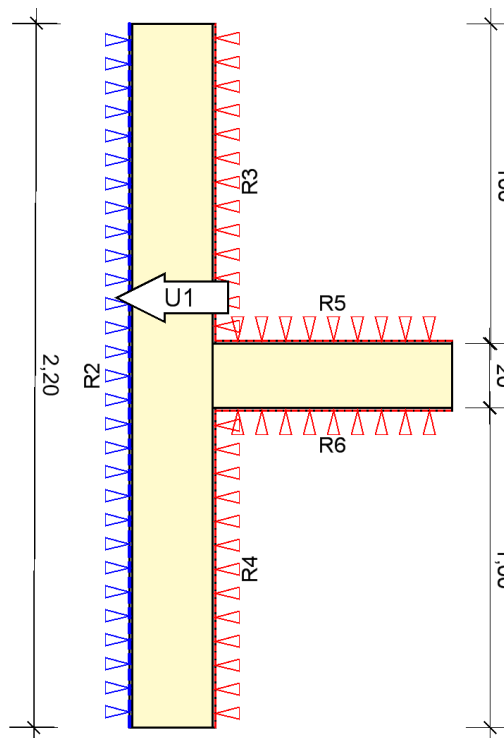
Considerando la envolvente desde el interior, su longitud es de 2,00m y el resultado  $\Psi$  según Psi-Therm es 0,06 W/mK. La transmitancia térmica total del detalle por metro de altura sería pues  $0,33 \text{ W/m}^2\text{K}$  (U del muro exterior)  $\times$  2m + 0,06 W/mK = 0,72 W/mK.

Considerando la envolvente desde el exterior, su longitud es de 2,20m y el resultado  $\Psi$  según Psi-Therm es -0,007 W/mK. La transmitancia térmica total del detalle por metro de altura sería pues  $0,33 \text{ W/m}^2\text{K}$  (U del muro exterior)  $\times$  2,2m - 0,007 W/mK = 0,72 W/mK.

En ambos casos el resultado es el mismo, pero los valores de  $\Psi$  son distintos.

Para no incurrir en errores, es necesario tener claro si los valores  $\Psi$  que se utilizan en el cálculo energético toman como referencia la superficie exterior o la interior.

En este catálogo se toma como referencia la superficie interior. Para los casos en los que el programa unificado LIDER-CALENER exige valores con el sistema dimensional exterior se han incluido ambas referencias.



De todas formas es sencillo pasar de una referencia a otra empleando las siguientes fórmulas:

$$U \cdot l_{\text{ext}} + \Psi_{\text{ext}} = U \cdot l_{\text{int}} + \Psi_{\text{int}}$$

$$\rightarrow \Psi_{\text{ext}} = U \cdot l_{\text{int}} + \Psi_{\text{int}} - U \cdot l_{\text{ext}}$$

$$\rightarrow \Psi_{\text{int}} = U \cdot l_{\text{ext}} + \Psi_{\text{ext}} - U \cdot l_{\text{int}}$$

(l = longitud de la superficie)

## 1.5 Análisis del riesgo de condensaciones

Los fenómenos que provocan la aparición de condensaciones superficiales en el interior del elemento constructivo están detalladamente explicados en el apartado 4.1 del DA DB HE 3 del CTE.

Para evaluar el riesgo de condensaciones se toma la temperatura superficial interior como parámetro de control, empleándose para ello el factor de temperatura superficial interior adimensional  $f_{\text{rsi}}$  según EN ISO 10211-1. Éste permite el cálculo de temperatura superficial para cualquier combinación de temperaturas de ambiente.

$$f_{Rsi} = \frac{\theta_{si} - \theta_e}{\theta_i - \theta_e}$$

$$f_{Rsi,min} = \frac{\theta_{si,min} - \theta_e}{\theta_i - \theta_e}$$

- $\theta_{si}$  temperatura mínima en la superficie interior del cerramiento (°C);  
 $\theta_i$  temperatura del ambiente interior (°C);  
 $\theta_e$  temperatura del ambiente exterior (°C);  
 $\theta_{si,min}$  temperatura superficial aceptable (°C).

El CTE establece los valores mínimos que debe cumplir el valor  $f_{Rsi}$ , en función de la zona climática y la clase de higrometría (tabla 1 del DA DB HE /2):

**Tabla 1 Factor de temperatura de la superficie interior mínimo  $f_{Rsi,min}$**

Categoría del espacio	Zona climática de invierno					
	$\alpha$	A	B	C	D	E
Clase de higrometría 5	0,70	0,80	0,80	0,80	0,90	0,90
Clase de higrometría 4	0,56	0,66	0,66	0,69	0,75	0,78
Clase de higrometría 3 o inferior a 3	0,42	0,50	0,52	0,56	0,61	0,64

Las clases de higrometría se definen como sigue:

CH= Clase higrometría según CTE:

CH3 = espacios en los que no se prevea una alta producción de humedad, como oficinas, tiendas, zonas de almacenamiento, residencial (55% HR).

CH4 = espacios en los que se prevea una alta producción de humedad como cocinas, pabellones deportivos, duchas colectivas, etc. (62% HR)

CH5 = espacios en los que se prevea una gran producción de humedad como lavanderías, restaurantes, piscinas (70% HR)

El cálculo del factor de temperatura superficial interior  $f_{Rsi}$  para cada puente térmico Ytong tabulado en este documento se ha obtenido directamente por el programa Psi-Therm 2012 a través de la temperatura superficial mínima.

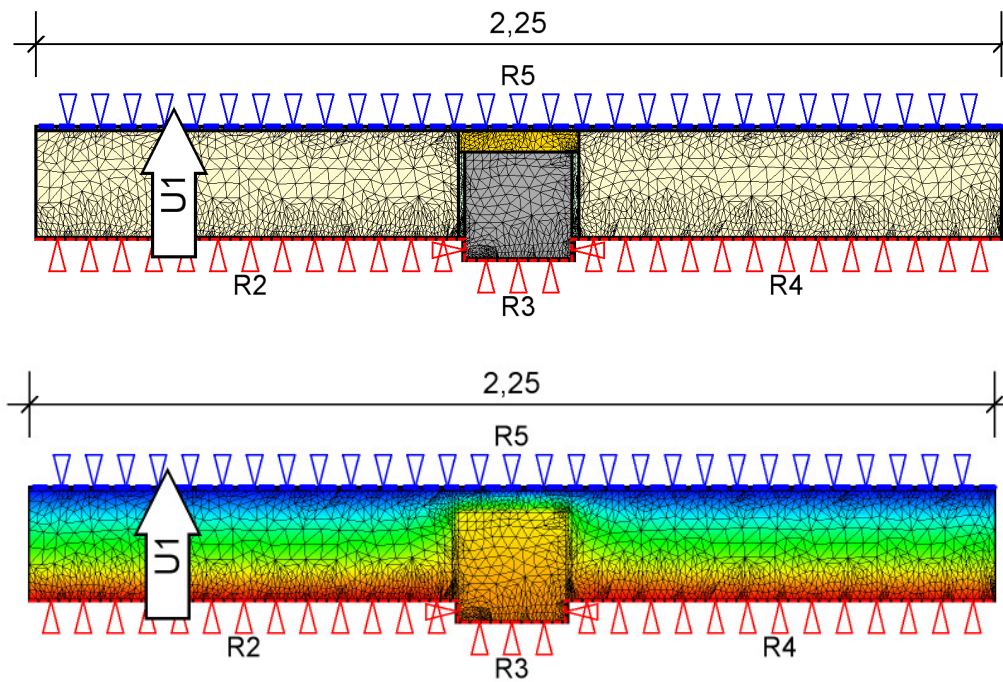


## 2 Catálogo de puentes térmicos

### 2.1 Programa de cálculo

Los cálculos de los puentes térmicos fueron realizados con el software Psi-Therm 2012, que genera modelos de elementos finitos según la definición geométrica y realiza los cálculos según EN ISO 10211 con la obtención de los parámetros  $\Psi$  y  $f_{Rsi}$  necesarios para el proyectista.

En las siguientes imágenes se muestra el ejemplo de un puente térmico (muro de cerramiento Ytong con pilar de hormigón armado, forrado de pilar con aislante Multipor) generado con el programa Psi-Therm. En el gráfico se aprecia la malla de elementos finitos, las condiciones exteriores marcadas con triángulos [rojo=interior, azul=exterior] y la dirección de la transmitancia térmica no alterada (flecha U1). Los colores en el segundo gráfico muestran los cambios de temperatura en el la sección constructiva (rojo = zona más cálida, azul = zona más fría).

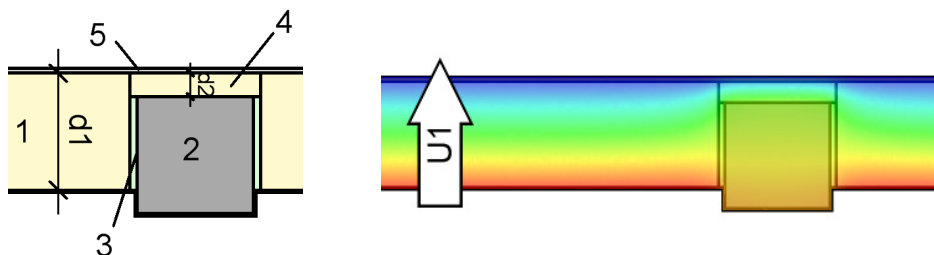


## 2.2 Detalles calculados

### a. Pilares en tramo recto

#### Pilar en tramo recto de cerramiento

Sección horizontal



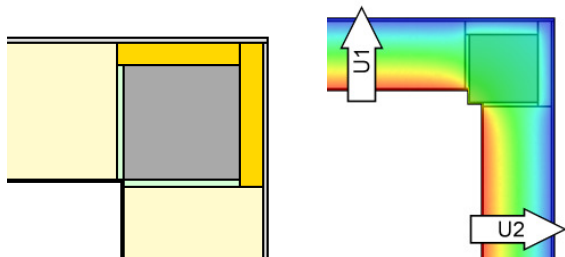
Número leyenda	Material	Conductividad térmica (W/mK)
1	Bloque Ytong, densidad 350kg/m <sup>3</sup>	0,09
2	Pilar Hormigón armado	2,1
3	Espuma de poliuretano	0,035
4	(a) Plaqueta Ytong, densidad 550kg/m <sup>3</sup>	0,14
	(b) Bloque Ytong recortado, densidad 350kg/m <sup>3</sup>	0,09
	(c) Ytong Multipor	0,045
5	Mortero aligerado	0,21

Código Puente térmico	d1	Material 4	d2	Transmitancia térmica lineal $\Psi$ (W/mK)	Factor de temperatura fRsi	Riesgo de condensaciones en zonas climáticas indicadas
1.1.1	25cm	a	5cm	0,321	0,71	CH3= Sin riesgo CH4= D, E CH5= Todas excepto $\alpha$
1.1.2	25cm	c	5cm	0,135	0,81	CH3= Sin riesgo CH4= Sin riesgo CH5= D, E
1.1.3	30cm	a	5cm	0,336	0,70	CH3= Sin riesgo CH4= D, E CH5= Todas excepto $\alpha$
1.1.4	30cm	c	5cm	0,157	0,80	CH3= Sin riesgo CH4= Sin riesgo CH5= D, E
1.1.5	36,5cm	b	10cm	0,138	0,82	CH3= Sin riesgo CH4= Sin riesgo CH5= D, E
1.1.6	36,5cm	c	10cm	0,070	0,87	CH3 = Sin riesgo CH4 = Sin riesgo CH5 = D, E

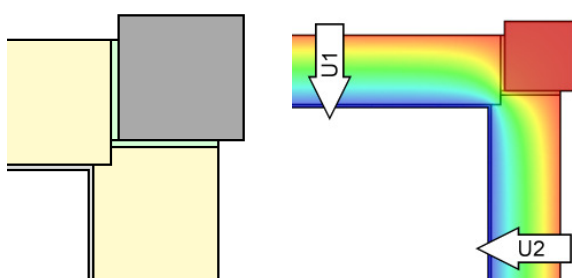
## b. Pilar en esquina saliente o entrante

Sección horizontal

Esquina saliente



Esquina entrante



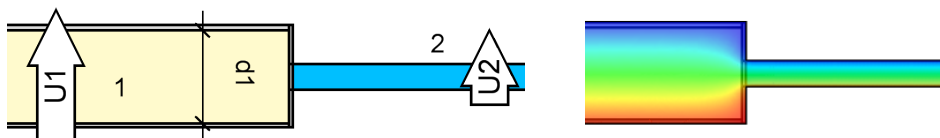
La distribución de los materiales es análoga a la del detalle 1.1.

Esquina saliente						
Código Punteo térmico	d1	Material 4	d2	Transmitancia térmica lineal $\Psi$ (W/mK)	Factor de temperatura fRsi	Riesgo de condensaciones en zonas climáticas indicadas (Tabla 1 DB HE/2)
1.2.1	25cm	a	5cm	0,360	0,48	CH3= Todas excepto $\alpha$ CH4= Todas CH5= Todas
1.2.2	25cm	c	5cm	0,225	0,61	CH3= D,E CH4= Todas excepto $\alpha$ CH5= Todas
1.2.3	30cm	a	5cm	0,145	0,70	CH3= Sin riesgo CH4= D, E CH5= Todas excepto $\alpha$
1.2.4	30cm	c	5cm	0,113	0,74	
1.2.5	36,5cm	b	10cm	0,115	0,75	CH3= Sin riesgo CH4= E CH5= Todas excepto $\alpha$
1.2.6	36,5cm	c	10cm	0,087	0,79	CH3= Sin riesgo CH4= Sin riesgo CH5= Todas excepto $\alpha$
Esquina entrante						
Código Punteo térmico	d1	Material 4	d2	Transmitancia térmica lineal $\Psi$ (W/mK)	Factor de temperatura fRsi	Riesgo de condensaciones en zonas climáticas indicadas (Tabla 1 DB HE/2)
1.2.7	25cm	--	--	-0,126	0,92	CH3= Sin riesgo
1.2.8	30cm	--	--	-0,085	0,93	CH4= Sin riesgo
1.2.9	36,5cm	--	--	-0,108	0,94	CH5= Sin riesgo

## c. Jambas de ventana

### Ventana no sísmica

Sección horizontal

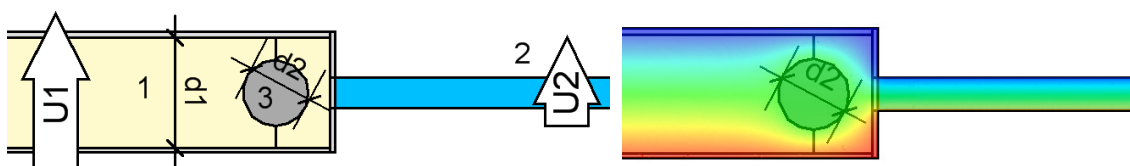


Número leyenda	Material	Conductividad térmica (W/mK)
1	Bloque Ytong, densidad 350kg/m3	0,09
2	Ventana	U=1,2 W/m2K
	Revestimiento exterior, 10mm de mortero aligero	0,21
	Revestimiento interior, 10mm de yeso	0,70

Código Punte térmico	d1	Transmitancia térmica lineal $\Psi$ (W/mK)	Factor de temperatura fRsi	Riesgo de condensaciones en zonas climáticas indicadas (Tabla 1 DB HE/2)
2.1	25cm	0,026	0,77	CH3= Sin riesgo CH4= E CH5= Todas excepto $\alpha$
2.2	30cm	0,027	0,77	
2.3	36,5cm	0,034	0,77	

### Ventana sísmica

Sección horizontal



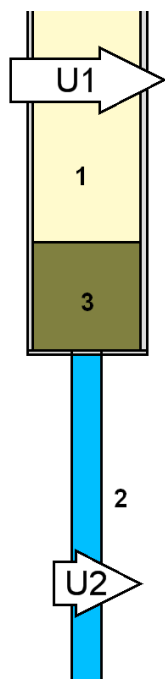
Número leyenda	Material	Conductividad térmica (W/mK)
1	Bloque Ytong, densidad 350kg/m3	0,09
2	Ventana	U=1,2 W/m2K
3	Hormigón armado	2,1
	Revestimiento exterior, 10mm de mortero aligero	0,21
	Revestimiento interior, 10mm de yeso	0,70

Código Punte térmico	d1	d2	Transmitancia térmica lineal $\Psi$ (W/mK)	Factor de temperatura fRsi	Riesgo de condensaciones en zonas climáticas indicadas (Tabla 1 DB HE/2)
2.4	25cm	15cm	0,082	0,76	CH3= Sin riesgo CH4= E CH5= Todas excepto $\alpha$
2.5	30cm	15cm	0,065	0,77	
2.6	36,5cm	15cm	0,058	0,77	

## d. Dinteles

### Dintel prefabricado Ytong

Sección vertical

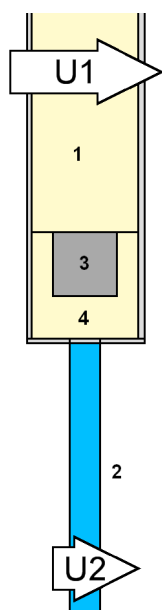


Número leyenda	Material	Conductividad térmica (W/mK)
1	Bloque Ytong, densidad 350kg/m <sup>3</sup>	0,09
2	Ventana	U=1,2 W/m <sup>2</sup> K
3	Dintel prefabricado Ytong	0,16
	Revestimiento exterior, 10mm de mortero aligero	0,21
	Revestimiento interior, 10mm de yeso	0,70

Código Puente térmico	d1	Transmitancia térmica lineal $\Psi$ (W/mK)	Factor de temperatura fRsi	Riesgo de condensaciones en zonas climáticas indicadas (Tabla 1 DB HE/2)
3.1	25cm	0,091	0,75	CH3= Sin riesgo CH4= D,E CH5= Todas excepto $\alpha$
3.2	30cm	0,090	0,74	
3.3	36,5cm	0,089	0,74	

### Dintel con bloques de zuncho Ytong

Sección vertical



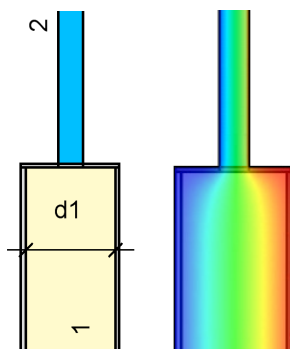
Número leyenda	Material	Conductividad térmica (W/mK)
1	Bloque Ytong, densidad 350kg/m <sup>3</sup>	0,09
2	Ventana	U=1,2 W/m <sup>2</sup> K
3	Hormigón armado	2,1
4	Bloque zuncho horizontal Ytong	0,14
	Revestimiento exterior, 10mm de mortero aligero	0,21
	Revestimiento interior, 10mm de yeso	0,70

Código Puente térmico	d1	Transmitancia térmica lineal $\Psi$ (W/mK)	Factor de temperatura fRsi	Riesgo de condensaciones en zonas climáticas indicadas (Tabla 1 DB HE/2)
3.4	25cm	0,173	0,74	CH3= Sin riesgo CH4= D,E CH5= Todas excepto $\alpha$
3.5	30cm	0,145	0,74	
3.6	36,5cm	0,166	0,74	

## e. Antepechos

### Antepechos no sísmicos

Sección vertical

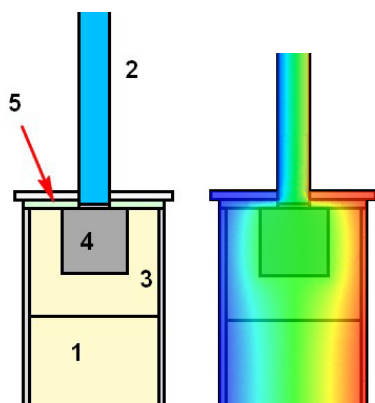


Número leyenda	Material	Conductividad térmica (W/mK)
1	Bloque Ytong, densidad 350kg/m <sup>3</sup>	0,09
2	Ventana	U=1,2 W/m <sup>2</sup> K
	Revestimiento exterior, 10mm de mortero aligero	0,21
	Revestimiento interior, 10mm de yeso	0,70

Código Puente térmico	d1	Transmitancia térmica lineal $\Psi$ (W/mK)	Factor de temperatura fRsi	Riesgo de condensaciones en zonas climáticas indicadas (Tabla 1 DB HE/2)
4.1	25cm	0,026	0,77	CH3= Sin riesgo
4.2	30cm	0,027	0,77	CH4= E
4.3	36,5cm	0,034	0,77	CH5= Todas excepto $\alpha$

### Antepechos sísmicos

Sección vertical



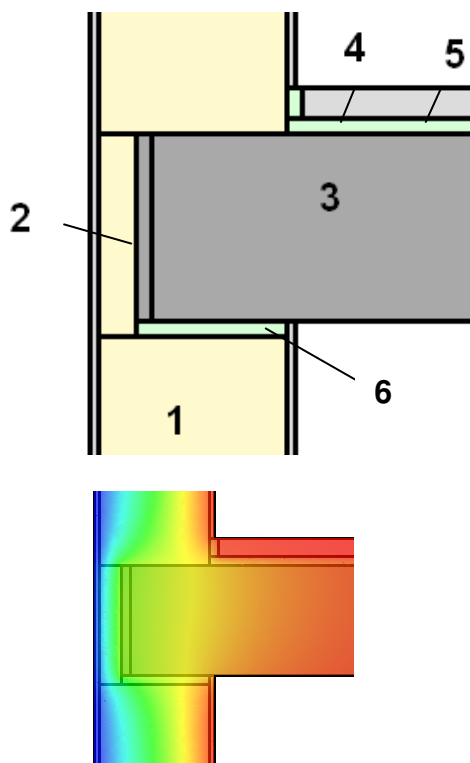
Número leyenda	Material	Conductividad térmica (W/mK)
1	Bloque Ytong, densidad 350kg/m <sup>3</sup>	0,09
2	Ventana	U=1,2 W/m <sup>2</sup> K
3	Bloque zuncho horizontal Ytong	0,14
4	Hormigón armado	2,1
5	Alfeizar de piedra sobre 2cm de aislante	3,5 (piedra) 0,035 (aislante)
	Revestimiento exterior, 10mm de mortero aligero	0,21
	Revestimiento interior, 10mm de yeso	0,70

Código Puente térmico	d1	Transmitancia térmica lineal $\Psi$ (W/mK)	Factor de temperatura fRsi	Riesgo de condensaciones en zonas climáticas indicadas (Tabla 1 DB HE/2)
4.4	25cm	0,171	0,74	CH3= Sin riesgo
4.5	30cm	0,142	0,74	CH4= D,E
4.6	36,5cm	0,148	0,74	CH5= Todas excepto $\alpha$

## f. Cantos de forjado, muros de cerramiento

### Muros de cerramiento, forjado de hormigón armado

Sección vertical

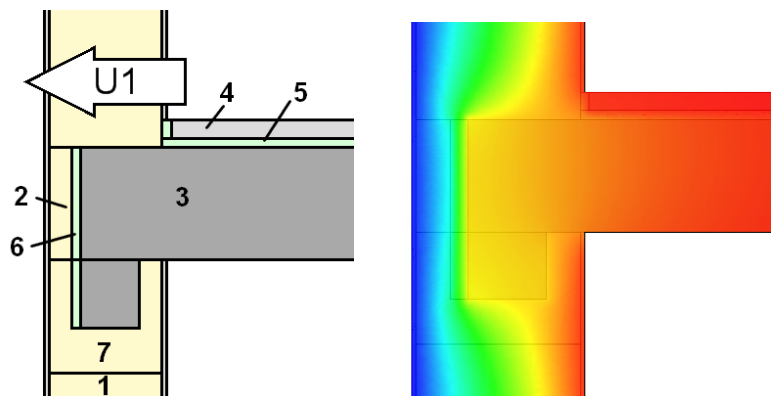


Número leyenda	Material	Conductividad térmica (W/mK)
1	Bloque Ytong, densidad 350kg/m <sup>3</sup>	0,09
2	(a) Plaqueta Ytong densidad 550kg/m <sup>3</sup> (b) Bloque Ytong 350kg/m <sup>3</sup> recortado (c) Ytong Multipor	0,14 0,09 0,045
3	Forjado de hormigón armado	2,1
4	Capa de mortero, 4cm	1,4
5	Aislamiento térmico, poliestireno expandido, 2cm	0,035
6	Espuma de poliuretano, 2cm	0,035
	Revestimiento exterior, 10mm de mortero aligero	0,21
	Revestimiento interior, 10mm de yeso	0,70

Código Puente térmico	d1	Material 2	d2	Transmitancia térmica lineal $\Psi$ (W/mK)		Factor de temperatura fRsi	Riesgo de condensaciones en zonas climáticas indicadas (Tabla 1 DB HE/2)
				Ref.interior	Ref.exterior		
6.1.1	25cm	a	5cm	0,424	0,319	0,78	CH3= Sin riesgo CH4= Sin riesgo CH5= Todas excepto $\alpha$
6.1.2	25cm	c	5cm	0,250	0,145	0,86	CH3= Sin riesgo CH4= Sin riesgo CH5= D, E
6.2.1	30cm	a	5cm	0,412	0,325	0,79	CH3= Sin riesgo CH4= Sin riesgo CH5= Todas excepto $\alpha$
6.2.2	30cm	c	5cm	0,250	0,163	0,86	CH3= Sin riesgo CH4= Sin riesgo CH5= D, E
6.3.1	36,5cm	b	10cm	0,227	0,156	0,87	CH3= Sin riesgo CH4= Sin riesgo CH5= D, E
6.3.2	36,5cm	c	10cm	0,164	0,093	0,90	CH3 = Sin riesgo CH4 = Sin riesgo CH5 = Sin riesgo

## g. Cantos de forjado muros de carga, forjado de hormigón armado

Sección vertical



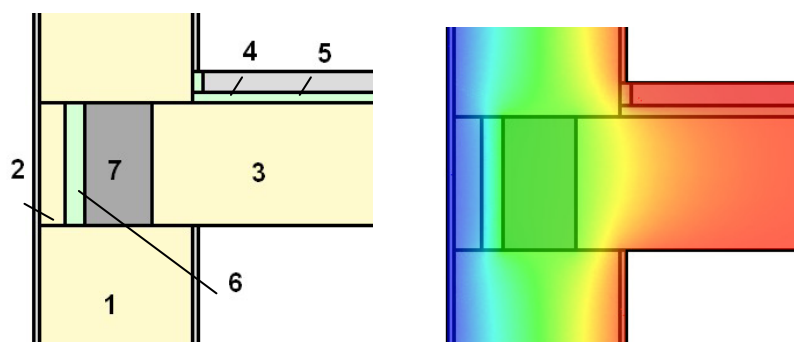
Número leyenda	Material	Conductividad térmica (W/mK)
1	Bloque Ytong, densidad 350kg/m <sup>3</sup>	0,09
2	Plaqueta Ytong densidad 550kg/m <sup>3</sup>	0,14
3	Hormigón armado	2,1
4	Capa de mortero, 4cm	1,4
5	Aislamiento térmico, poliestireno expandido, 2cm	0,035
6	Espuma de poliuretano	0,035
7	Bloque zuncho horizontal	0,14
	Revestimiento exterior, 10mm de mortero aligero	0,21
	Revestimiento interior, 10mm de yeso	0,70

Código Puente térmico	d1	d2	d6	Transmitancia térmica lineal $\Psi$ (W/mK)		Factor de temperatura fRsi	Riesgo de condensaciones en zonas climáticas indicadas (Tabla 1 DB HE/2)
				Ref. interior	Ref. exterior		
6.1.3	25cm	5cm	2cm	0,344	0,239	0,82	CH3= Sin riesgo CH4= Sin riesgo CH5= D, E
6.2.3	30cm	5cm	4cm	0,221	0,134	0,87	
6.3.3	36,5cm	7cm	4cm	0,211	0,140	0,87	



## h. Cantos de forjado, muros de carga, forjado de placas Ytong

Sección vertical



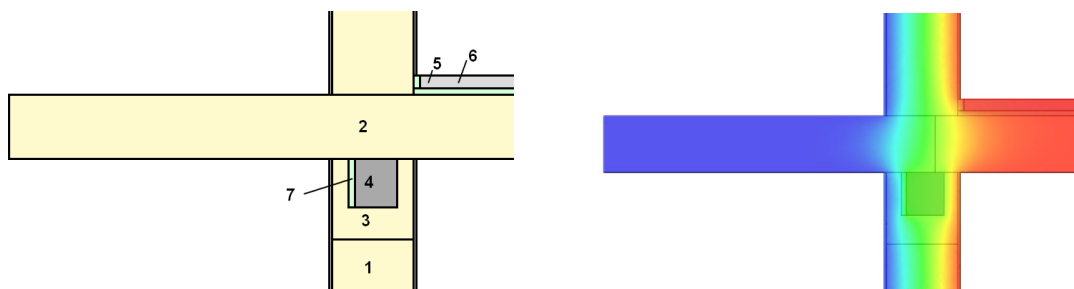
Número leyenda	Material	Conductividad térmica (W/mK)
1	Bloque Ytong, densidad 350kg/m <sup>3</sup>	0,09
2	Plaqueta Ytong densidad 550kg/m <sup>3</sup>	0,14
3	Forjado de placas Ytong	0,16
4	Capa de mortero, 4cm	1,4
5	Aislamiento térmico, poliestireno expandido, 2cm	0,035
6	Espuma de poliuretano	0,035
7	Hormigón armado	2,1
	Revestimiento exterior, 10mm de mortero aligero	0,21
	Revestimiento interior, 10mm de yeso	0,70

Código Puente térmico	d1	d2	d3	d6	Transmitancia térmica lineal $\Psi$ (W/mK)		Factor de temperatura fRsi	Riesgo de condensaciones en zonas climáticas indicadas (Tabla 1 DB HE/2)
					Ref. interior	Ref. exterior		
6.1.4	25cm	5cm	20cm	2cm	0,125	0,037	0,85	CH3= Sin riesgo CH4= Sin riesgo CH5= D, E
6.1.5	25cm	5cm	24cm	2cm	0,141	0,039	0,85	
6.1.6	25cm	5cm	30cm	2cm	0,162	0,040	0,84	
6.2.4	30cm	5cm	20cm	4cm	0,105	0,032	0,87	
6.2.5	30cm	5cm	24cm	4cm	0,117	0,033	0,87	
6.2.6	30cm	5cm	30cm	4cm	0,134	0,033	0,87	
6.3.4	36,5cm	5cm	20cm	5cm	0,100	0,040	0,88	
6.3.5	36,5cm	5cm	24cm	5cm	0,112	0,043	0,88	
6.3.6	36,5cm	5cm	30cm	5cm	0,103	0,020	0,88	

## i. Forjados en voladizo (balcones), placas Ytong

### Forjados de placas Ytong

Sección vertical

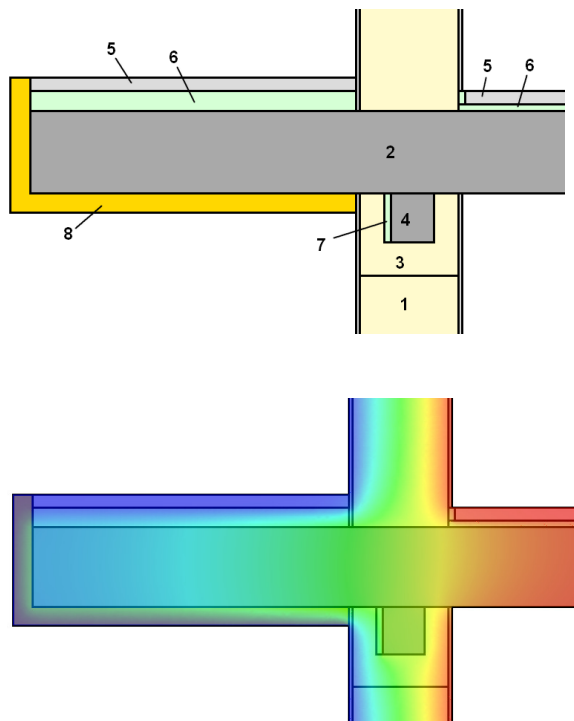


Número leyenda	Material	Conductividad térmica (W/mK)
1	Bloque Ytong, densidad 350kg/m <sup>3</sup>	0,09
2	Forjado de placas Ytong	0,16
3	Bloque de zuncho horizontal	0,14
4	Hormigón armado	2,1
5	Capa de mortero, 4cm	1,4
6	Aislamiento térmico, poliestireno expandido, 2cm	0,035
7	Aislamiento térmico, poliestireno expandido	0,035
	Revestimiento exterior, 10mm de mortero aligero	0,21
	Revestimiento interior, 10mm de yeso	0,70

Código Puente térmico	d1	d2	d7	Transmitancia térmica lineal $\Psi$ (W/mK)	Factor de temperatura fRsi	Riesgo de condensaciones en zonas climáticas indicadas (Tabla 1 DB HE/2)
7.1.1	25cm	20cm	2cm	0,187	0,82	CH3= Sin riesgo CH4= Sin riesgo CH5= D, E
7.1.2	25cm	24cm	2cm	0,198	0,82	
7.1.3	25cm	30cm	2cm	0,213	0,82	
7.1.4	30cm	20cm	2cm	0,155	0,85	
7.1.5	30cm	24cm	2cm	0,166	0,85	
7.1.6	30cm	30cm	2cm	0,180	0,85	
7.1.7	36,5cm	20cm	4cm	0,115	0,88	
7.1.8	36,5cm	24cm	4cm	0,123	0,88	
7.1.9	36,5cm	30cm	4cm	0,138	0,88	

## j. Forjados en voladizo (balcones), forjado de hormigón armado (muro de carga)

Sección vertical

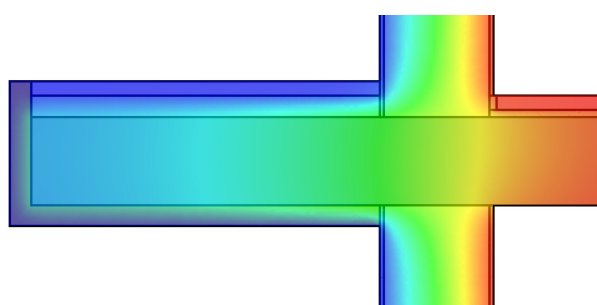
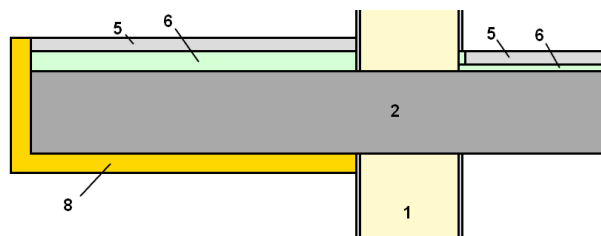


Número leyenda	Material	Conductividad térmica (W/mK)
1	Bloque Ytong, densidad 350kg/m <sup>3</sup>	0,09
2	Forjado de hormigón armado, espesor 25cm	2,1
3	Bloque de zuncho horizontal	0,14
4	Hormigón armado	2,1
5	Capa de mortero, 4cm	1,4
6	Aislamiento térmico, poliestireno expandido, 2cm (interior) / 6cm (balcón)	0,035
7	Aislamiento térmico, poliestireno expandido	0,035
8	Paneles aislantes Ytong Multipor, 60mm	0,045
	Revestimiento exterior, 10mm de mortero aligero	0,21
	Revestimiento interior, 10mm de yeso	0,70

Código Puente térmico	d1	d7	Transmitancia térmica lineal $\Psi$ (W/mK)	Factor de temperatura fRsi	Riesgo de condensaciones en zonas climáticas indicadas (Tabla 1 DB HE/2)
7.2.5	30cm	2cm	0,526	0,75	CH3 = Sin riesgo CH4 = E CH5 = todas menos $\alpha$
7.2.9	25cm	2cm	0,602	0,72	CH3 = Sin riesgo CH4 = D,E CH5 = todas menos $\alpha$
7.2.11	36,5cm	4cm	0,496	0,77	CH3 = Sin riesgo CH4 = E CH5 = todas menos $\alpha$

## k. Forjados en voladizo (balcones), forjado de hormigón armado (muro de cerramiento)

Sección vertical



Número leyenda	Material	Conductividad térmica (W/mK)
1	Bloque Ytong, densidad 350kg/m <sup>3</sup>	0,09
2	Forjado de hormigón armado, espesor 25cm	2,1
5	Capa de mortero, 4cm	1,4
6	Aislamiento térmico, poliestireno expandido, 2cm (interior) / 6cm (balcón)	0,035
8	Paneles aislantes Ytong Multipor, 60mm	0,045
	Revestimiento exterior, 10mm de mortero aligero	0,21
	Revestimiento interior, 10mm de yeso	0,70

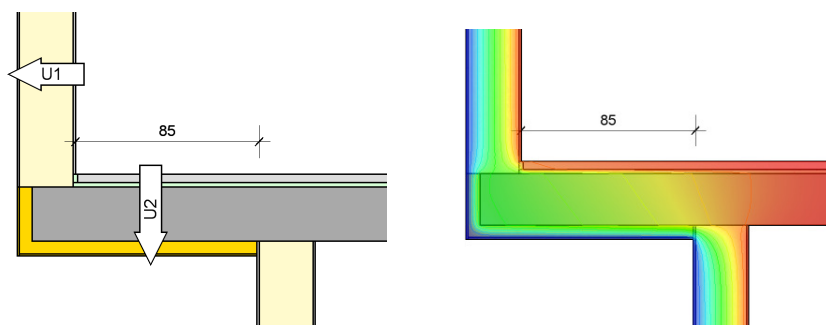
Código Puente térmico	d1	Transmitancia térmica lineal $\Psi$ (W/mK)	Factor de temperatura fRsi	Riesgo de condensaciones en zonas climáticas indicadas [Tabla 1 DB HE/2]
7.2.6	30cm	0,469	0,77	CH3 = Sin riesgo CH4 = E CH5 = todas menos $\alpha$
7.2.8	25cm	0,488	0,75	CH3 = Sin riesgo CH4 = E CH5 = todas menos $\alpha$
7.2.10	36,5cm	0,438	0,78	CH3 = Sin riesgo CH4 = Sin riesgo CH5 = todas menos $\alpha$

## L. Forjado de hormigón armado en contacto con el exterior

### Cerramiento

(Nomenclatura de materiales idéntica a la anterior)

#### Sección vertical

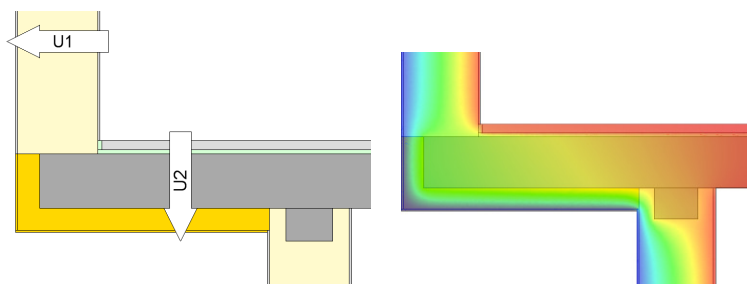


Código Puente térmico	d1	d8	Transmitancia térmica U2 (W/m2K)	Transmitancia térmica lineal $\Psi$ (W/mK)	Factor de temperatura fRsi	Riesgo de condensaciones en zonas climáticas indicadas (Tabla 1 DB HE/2)
7.3.1	25cm	60mm	0,431	0,250	0,86	CH3 = Sin riesgo
7.3.2	30cm	100mm	0,316	0,220	0,88	CH4 = Sin riesgo
7.3.3	36,5cm	100mm	0,316	0,202	0,89	CH5 = D, E

### Muros de carga

(Nomenclatura de materiales idéntica a la anterior)

#### Sección vertical

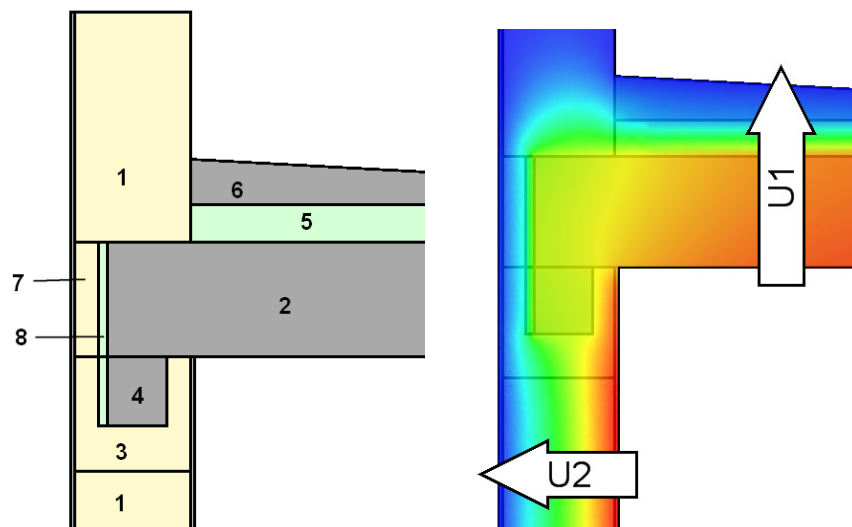


Código Puente térmico	d1	d8	Transmitancia térmica U2 (W/m2K)	Transmitancia térmica lineal $\Psi$ (W/mK)	Factor de temperatura fRsi	Riesgo de condensaciones en zonas climáticas indicadas (Tabla 1 DB HE/2)
7.3.4	25cm	60mm	0,431	0,324	0,85	CH3 = Sin riesgo
7.3.5	30cm	100mm	0,316	0,263	0,88	CH4 = Sin riesgo
7.3.6	36,5cm	100mm	0,316	0,252	0,89	CH5 = D,E

## m. Cubierta plana, forjado de hormigón armado

### Muros de carga

Sección vertical

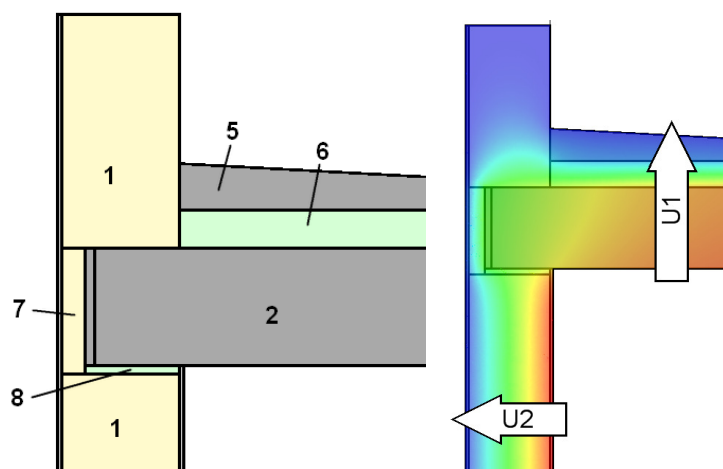


Número leyenda	Material	Conductividad térmica (W/mK)
1	Bloque Ytong, densidad 350kg/m3	0,09
2	Forjado de hormigón armado, espesor 25cm	2,1
3	Bloque de zuncho horizontal	0,14
4	Hormigón armado	2,1
5	Aislamiento, poliestireno extruido	0,035
6	Hormigón aligerado, formación de pendientes	0,22
7	Plaqueta Ytong, densidad 550kg/m3	0,14
8	Aislamiento, poliestireno extruido	0,035
	Revestimiento exterior, 10mm de mortero aligero	0,21
	Revestimiento interior, 10mm de yeso	0,70

Código Puente térmico	d1	d5	d7	d8	U1 (W/m2K)	Transmitancia térmica lineal $\Psi$ (W/mK)	Factor de temperatura fRsi	Riesgo de condensaciones en zonas climáticas indicadas (Tabla 1 DB HE/2)
8.3	25cm	80mm	5cm	2cm	0,344	0,358	0,74	CH3 = Sin riesgo CH4 = D, E CH5 = todas menos $\alpha$
8.6	30cm	120mm	5cm	2cm	0,247	0,344	0,75	CH3 = Sin riesgo CH4 = E CH5 = todas menos $\alpha$
8.9	36,5cm	140mm	7cm	4cm	0,216	0,257	0,80	CH3 = Sin riesgo CH4 = Sin riesgo CH5 = D, E

## Forjado de hormigón armado, muros de cerramiento

Sección vertical

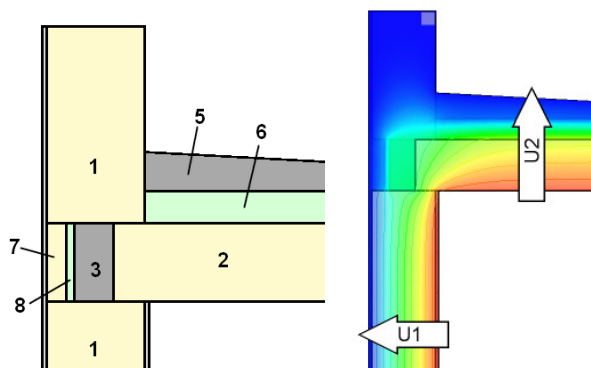


Número leyenda	Material	Conductividad térmica (W/mK)
1	Bloque Ytong, densidad 350kg/m <sup>3</sup>	0,09
2	Forjado de hormigón armado, espesor 25cm	2,1
6	Aislamiento, poliéstireno extruido	0,035
5	Hormigón aligerado, formación de pendientes	0,22
7	(a) Plaqueta Ytong, densidad 550kg/m <sup>3</sup> (b) Ytong Multipor (c) Bloque Ytong recortado, densidad 350kg/m <sup>3</sup>	0,14 0,045 0,09
8	Espuma de poliuretano, 20mm	0,035
	Revestimiento exterior, 10mm de mortero aligero	0,21
	Revestimiento interior, 10mm de yeso	0,70

Código Puente térmico	d1	d6	Material 7	d7	U1 (W/m <sup>2</sup> K)	ψ (W/mK)	fRsi	Riesgo de condensaciones en zonas climáticas indicadas (Tabla 1 DB HE/2)
8.1	25cm	80mm	a	5cm	0,344	0,429	0,69	CH3 = Sin riesgo CH4 = D, E CH5 = Todas
8.2	25cm	80mm	b	5cm	0,344	0,275	0,76	CH3 = Sin riesgo CH4 = E CH5 = todas menos α
8.4	30cm	120mm	a	5cm	0,247	0,430	0,71	CH3 = Sin riesgo CH4 = D, E CH5 = todas menos α
8.5	30cm	120mm	b	5cm	0,247	0,284	0,78	CH3 = Sin riesgo CH4 = Sin riesgo CH5 = todas menos α
8.7	36,5cm	160mm	c	10cm	0,193	0,259	0,80	CH3 = Sin riesgo CH4 = Sin riesgo CH5 = D, E
8.8	36,5cm	160mm	b	10cm	0,193	0,198	0,82	CH3 = Sin riesgo CH4 = Sin riesgo CH5 = D, E

## n. Cubierta plana, placas Ytong

Sección vertical



Número leyenda	Material	Conductividad térmica (W/mK)
1	Bloque Ytong, densidad 350kg/m <sup>3</sup>	0,09
2	Forjado de placas Ytong	0,16
3	Hormigón armado	2,1
6	Aislamiento, poliestireno extruido	0,035
5	Hormigón aligerado, formación de pendientes	0,22
7	Plaqueta Ytong, densidad 550kg/m <sup>3</sup> , espesor 5cm	0,14
8	Espuma de poliuretano, 20mm	0,035
	Revestimiento exterior, 10mm de mortero aligero	0,21
	Revestimiento interior, 10mm de yeso	0,70

### Zona climática A-B (d1=25cm)

Código Puente térmico	d2	d6	U2 (W/m <sup>2</sup> K)	ψ (W/mK)	fRsi	Riesgo de condensaciones en zonas climáticas indicadas (Tabla 1 DB HE/2)
8.10	20cm	80mm	0,248	0,100	0,79	CH3 = Sin riesgo CH4 = Sin riesgo CH5 = todas menos α
8.11	24cm	80mm	0,233	0,107	0,79	
8.12	30cm	80mm	0,214	0,114	0,79	

### Zona climática C-D (d1=30cm)

Código Puente térmico	d2	d6	U2 (W/m <sup>2</sup> K)	ψ (W/mK)	fRsi	Riesgo de condensaciones en zonas climáticas indicadas (Tabla 1 DB HE/2)
8.13	20cm	80mm	0,248	0,093	0,81	CH3 = Sin riesgo CH4 = Sin riesgo CH5 = D,E
8.14	24cm	80mm	0,233	0,099	0,81	
8.15	30cm	80mm	0,214	0,105	0,81	

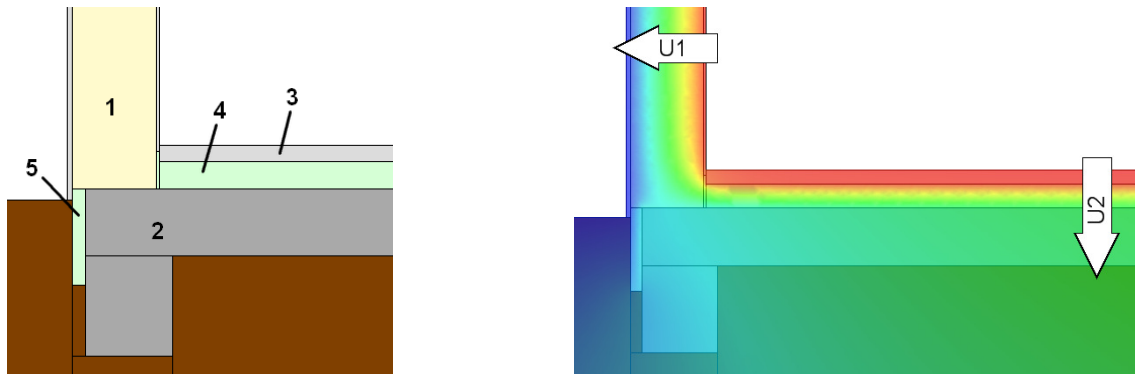
### Zona climática E (d1=36,5cm)

Código Puente térmico	d2	d6	U2 (W/m <sup>2</sup> K)	ψ (W/mK)	fRsi	Riesgo de condensaciones en zonas climáticas indicadas (Tabla 1 DB HE/2)
8.16	20cm	100mm	0,217	0,096	0,82	CH3 = Sin riesgo CH4 = Sin riesgo CH5 = D,E
8.17	24cm	100mm	0,206	0,101	0,82	
8.18	30cm	100mm	0,191	0,108	0,82	



## o. Detalles 9 – Encuentros con el suelo

### Encuentros con el suelo



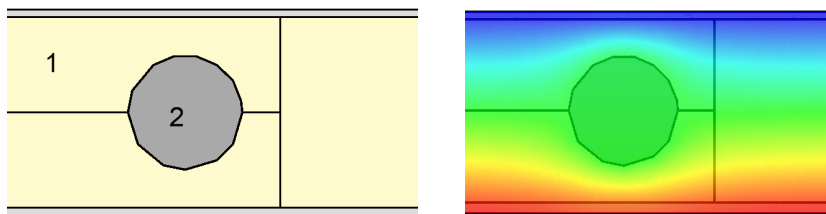
Número leyenda	Material	Conductividad térmica (W/mK)
1	Bloque Ytong, densidad 350kg/m3	0,09
2	Hormigón armado, espesor 20cm	2,1
4,5	Aislamiento, poliestireno extruido	0,035
3	Capa de mortero 4cm	1,4
	Revestimiento exterior, 10mm de mortero aligero	0,21
	Revestimiento interior, 10mm de yeso	0,70

Código Puente térmico	d1	d4	d5	U2 (W/m2K)	$\Psi$ (W/mK)	fRsi	Riesgo de condensaciones en zonas climáticas indicadas (Tabla 1 DB HE/2)
9.1	25cm	80mm	40mm	0,435	0,020	0,87	CH3 = Sin riesgo CH4 = Sin riesgo CH5 = D,E
9.2	30cm	100mm	40mm	0,357	0,095	0,88	
9.3	36,5cm	120mm	40mm	0,303	0,131	0,88	

## p. Muro con zunchos verticales

### Muros con zunchos verticales

#### Sección horizontal

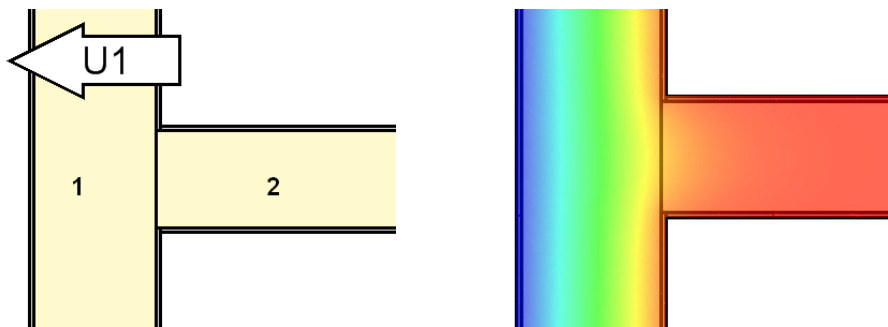


Número leyenda	Material	Conductividad térmica (W/mK)
1	Bloque Ytong, densidad 350kg/m3	0,09
2	Hormigón armado, diámetro 15cm	2,1
	Revestimiento exterior, 10mm de mortero aligero	0,21
	Revestimiento interior, 10mm de yeso	0,70

Código Puente térmico	d1	$\Psi$ (W/mK)	fRsi	Riesgo de condensaciones en zonas climáticas indicadas (Tabla 1 DB HE/2)
10.1	25cm	0,049	0,87	CH3 = Sin riesgo CH4 = Sin riesgo CH5 = D, E
10.2	30cm	0,033	0,90	CH3 = Sin riesgo CH4 = Sin riesgo CH5 = Sin riesgo
10.3	36,5cm	0,021	0,93	

#### q. Encuentro de muro exterior con muro interior

##### Sección horizontal

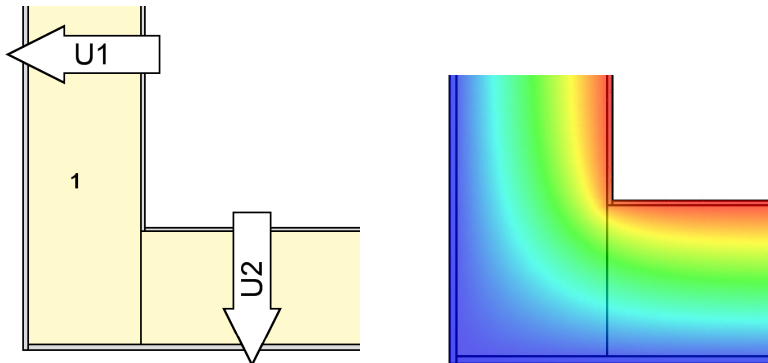


Número leyenda	Material	Conductividad térmica (W/mK)
1	Bloque Ytong, densidad 350kg/m3	0,09
2	Bloque Ytong, densidad 500kg/m3	0,125
	Revestimiento exterior, 10mm de mortero aligero	0,21
	Revestimiento interior, 10mm de yeso	0,70

Código Puente térmico	d1	$\Psi$ (W/mK)	fRsi	Riesgo de condensaciones en zonas climáticas indicadas (Tabla 1 DB HE/2)
10.4	25cm	0,060	0,91	CH3 = Sin riesgo CH4 = Sin riesgo CH5 = Sin riesgo
10.5	30cm	0,051	0,92	
10.6	36,5cm	0,043	0,94	

## r. Esquinas

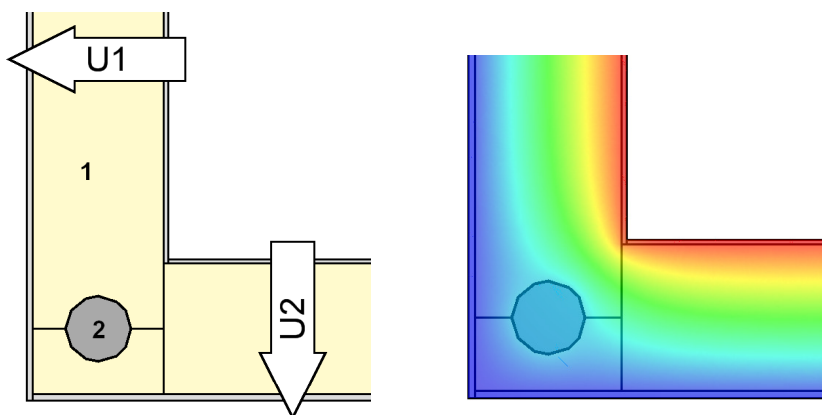
### Esquinas salientes



Número leyenda	Material	Conductividad térmica (W/mK)
1	Bloque Ytong, densidad 350kg/m3	0,09
	Revestimiento exterior, 10mm de mortero aligero	0,21
	Revestimiento interior, 10mm de yeso	0,70

Código Puente térmico	d1	$\psi$ (W/mK)	fRsi	Riesgo de condensaciones en zonas climáticas indicadas (Tabla 1 DB HE/2)
11.1	25cm	0,052	0,82	CH3 = Sin riesgo CH4 = Sin riesgo CH5 = D, E
11.2	30cm	0,050	0,86	
11.3	36,5cm	0,050	0,88	

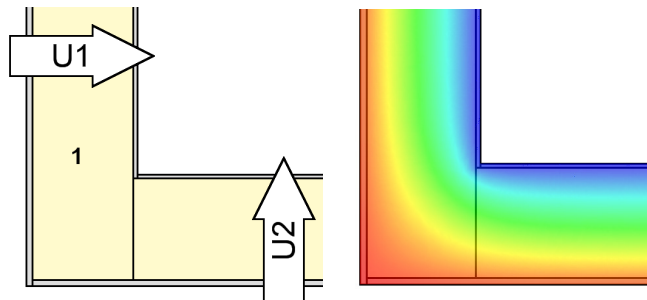
### Esquina saliente con bloque de zuncho vertical



Número leyenda	Material	Conductividad térmica (W/mK)
1	Bloque Ytong, densidad 350kg/m3	0,09
2	Hormigón armado	2,1
	Revestimiento exterior, 10mm de mortero aligero	0,21
	Revestimiento interior, 10mm de yeso	0,70

Código Puente térmico	d1	$\Psi$ (W/mK)	fRsi	Riesgo de condensaciones en zonas climáticas indicadas (Tabla 1 DB HE/2)
11.4	25cm	0,065	0,82	CH3 = Sin riesgo CH4 = Sin riesgo CH5 = D, E
11.5	30cm	0,060	0,85	
11.6	36,5cm	0,057	0,87	

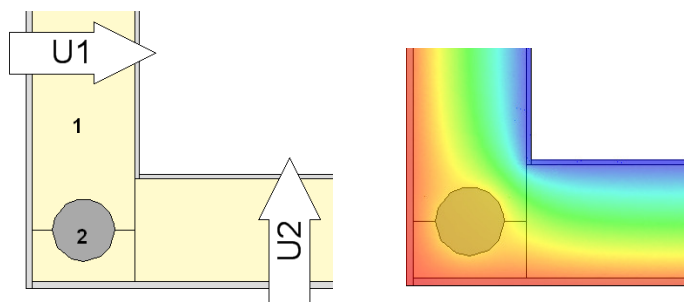
### Esquina entrante



Número leyenda	Material	Conductividad térmica (W/mK)
1	Bloque Ytong, densidad 350kg/m3	0,09
	Revestimiento exterior, 10mm de mortero aligero	0,21
	Revestimiento interior, 10mm de yeso	0,70

Código Puente térmico	d1	$\Psi$ (W/mK)	fRsi	Riesgo de condensaciones en zonas climáticas indicadas (Tabla 1 DB HE/2)
11.7	25cm	-0,128	0,92	CH3 = Sin riesgo CH4 = Sin riesgo CH5 = Sin riesgo
11.8	30cm	-0,128	0,93	
11.9	36,5cm	-0,129	0,94	

### Esquina entrante con bloque de zuncho vertical



Número leyenda	Material	Conductividad térmica (W/mK)
1	Bloque Ytong, densidad 350kg/m3	0,09
2	Hormigón armado	2,1
	Revestimiento exterior, 10mm de mortero aligero	0,21
	Revestimiento interior, 10mm de yeso	0,70

Código Puente térmico	d1	$\Psi$ (W/mK)	fRsi	Riesgo de condensaciones en zonas climáticas indicadas (Tabla 1 DB HE/2)
11.10	25cm	-0,111	0,92	CH3 = Sin riesgo CH4 = Sin riesgo CH5 = Sin riesgo
11.11	30cm	-0,117	0,93	
11.12	36,5cm	-0,121	0,94	

### 3. Ejemplo de cálculo con la herramienta unificada LIDER – CALENER

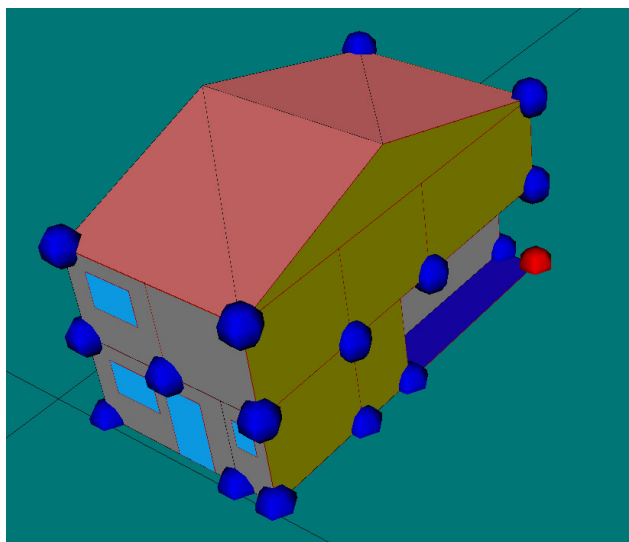
#### Introducción

Para mostrar cómo usar el catálogo de puentes térmicos Ytong y la repercusión que tienen los puentes térmicos en el cálculo energético, hemos elegido el proyecto de ejemplo preinstalado de la herramienta unificada LIDER-CALENER con el nombre "ejemploA".

Solamente usamos la definición geométrica del ejemplo, modificando la zona climática así como la composición de los elementos que componen la envolvente térmica.

En un primera paso se realiza el cálculo de la demanda energética usando los valores de los puentes térmicos por defecto.

Una vez obtenidos los resultados, introducimos los valores de los puentes térmicos del presente catálogo y rehacemos el cálculo, para después comparar los resultados y poder valorar la repercusión de los puentes térmicos y la mejora conseguida.



#### Ejemplo 1

##### Parámetros de entrada

Zona climática: E1, Burgos

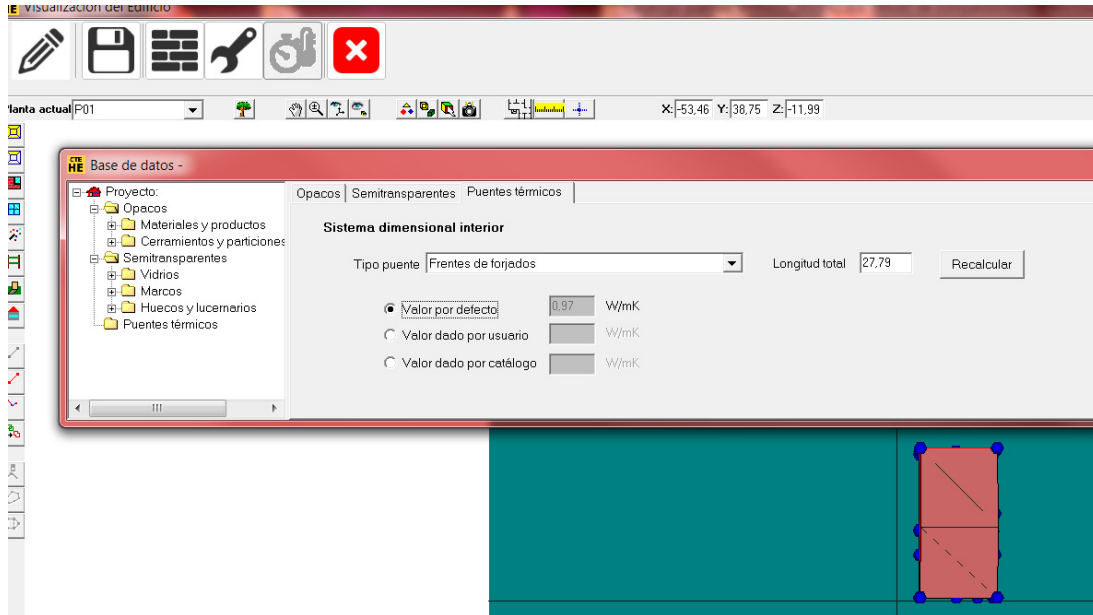
Los elementos que componen la envolvente térmica se han elegido ajustándose a los valores orientativos que el CTE propone (valores en **negrita y cursiva**)

- Muro exterior: Bloque Ytong 36,5cm ( $U=0,23 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) ***( $U=0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$ )***
- Cubierta: Placas Ytong 24cm + 12cm XPS ( $U=0,19 \text{ W/m}^2\text{K}$ ) ***( $U=0,19 \text{ W/m}^2\text{K}$ )***
- Forjado terreno: Hormigón en masa + 8cm XPS + mortero + baldosas ( $U=0,30\text{W/m}^2\text{K}$ ) ***( $U=0,31 \text{ W/m}^2\text{K}$ )***
- Medianera: Bloque Ytong 25cm ( $U=0,32\text{W/m}^2\text{K}$ ) ***(--)***
- Ventanas:
  - o Vidrios dobles bajo emisivos ( $U=2 \text{ W/m}^2\text{K}$ )
  - o Marcos 3 cámaras PVC ( $U=1,80 \text{ W/m}^2\text{K}$ ), superficie marco 10%
  - o U resultante =  $1,98 \text{ W/m}^2\text{K}$  ***( $U=1,9-2,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ - captación solar baja)***

## Primer cálculo con los valores de puentes térmicos por defecto

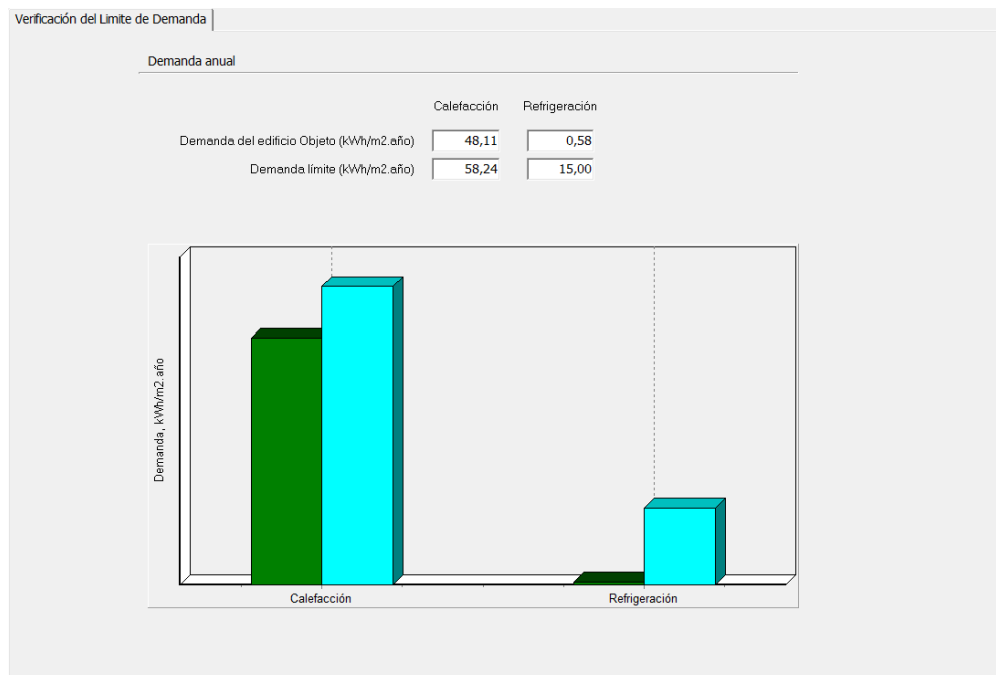
En la carpeta "Puentes térmicos" de la base de datos del proyecto están catalogados todos los puentes térmicos del proyecto.

En este primer cálculo no se tocan los valores que salen por defecto. Se trata de valores muy desfavorables.



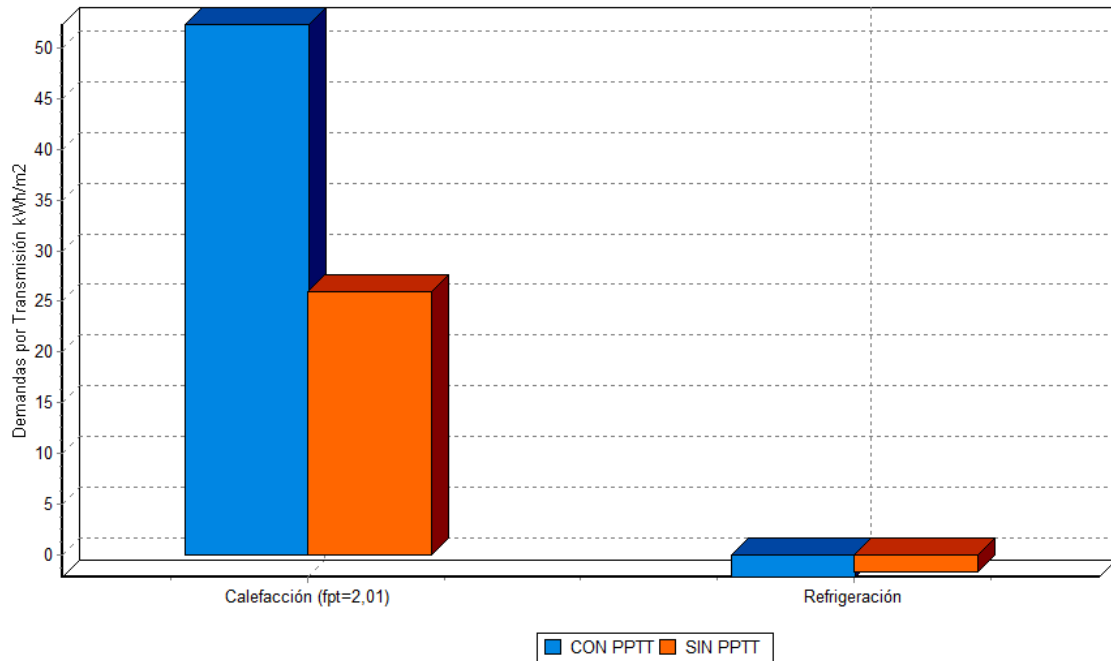
Los resultados del cálculo se muestran en la siguiente captura de pantalla.

Como se puede apreciar, la demanda del edificio objeto (calefacción) es un 17% inferior a la demanda límite, por lo que se cumplen las exigencias de la normativa. La demanda de refrigeración es despreciable.



La herramienta unificada LIDER-CALENER ofrece además un análisis de la repercusión de los puentes térmicos. En el siguiente gráfico se muestra la demanda de calefacción y refrigeración debida a la transmisión de calor a través de los cerramientos opacos con y sin la intervención de puentes térmicos.

El factor de puente térmico  $f_{pt}$  es la relación entre estas dos demandas, siendo 2,01 en este caso, lo cual nos demuestra la importante repercusión de los puentes térmicos en la demanda energética: una completa eliminación de los puentes térmicos reduciría la demanda energética a la mitad.



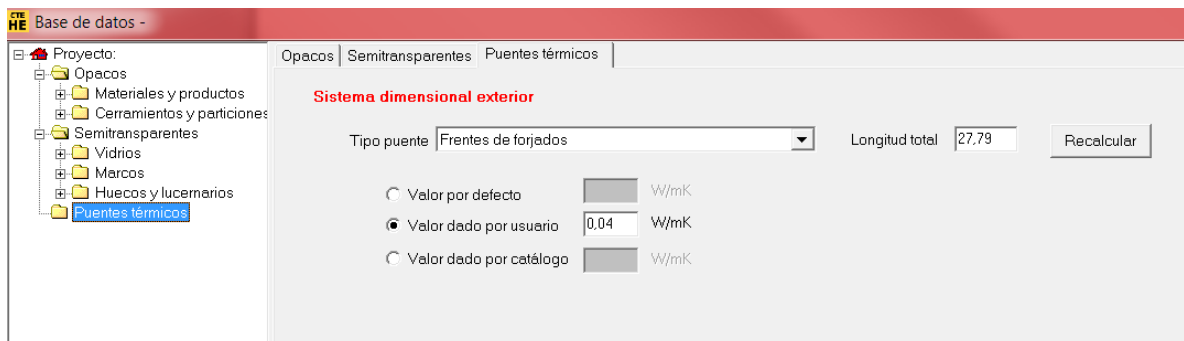


## Segundo cálculo con los valores de puentes térmicos sacados del catálogo de puentes térmicos Ytong

En la siguiente tabla mostramos los valores de transmitancia térmica lineal que se introducen para cada puente térmico y el valor por defecto, empleado en el primer cálculo.

Descripción	Valor por defecto (W/mK)	Código puente térmico del catálogo Ytong	Valor catálogo puentes térmicos Ytong (W/mK)
Frente de forjado	0,97	6.3.5	0,043
Cubierta plana	0,96	8.17	0,206
Esquina exterior	0,11	11.3	0,05
Esquina interior	-0,16	11.9	-0,129
Forjado inferior en contacto con el exterior	0,86	No aparece en el catálogo, se ha calculado por separado	0,125
Alfeizar	0,44	4.3	0,034
Dinteles	0,82	3.3	0,089
Jambas	0,53	2.3	0,034
Suelo en contacto con terreno	0,57	9.3	0,131

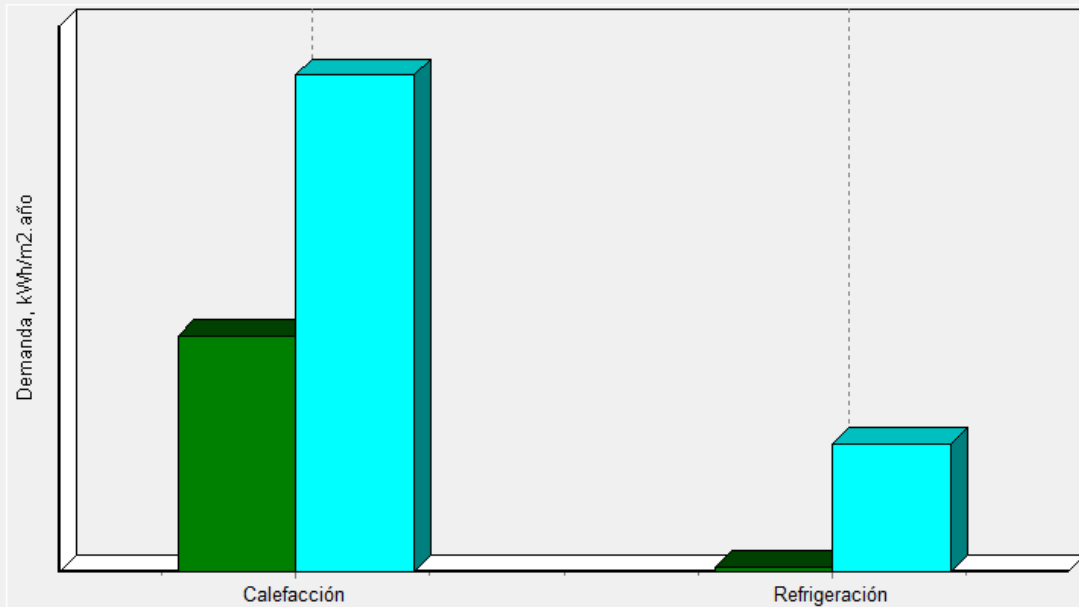
En la ventana donde se introducen los puentes térmicos, el programa LIDER-CALENER avisa sobre el sistema dimensional a utilizar para la introducción del valor de transmitancia térmica lineal (ver capítulo 1.4). Así por ejemplo en los frentes de forjado es necesario utilizar el sistema dimensional exterior.



En la siguiente captura de pantalla se muestra el resultado de cálculo, con una demanda energética de calefacción de 27,74 kWh/m<sup>2</sup>·año, lo cual supone una mejora de 20,4 kWh/m<sup>2</sup> si lo comparamos con el primer cálculo. La corrección de los puentes térmicos supone pues una disminución de la demanda energética de un 42%.

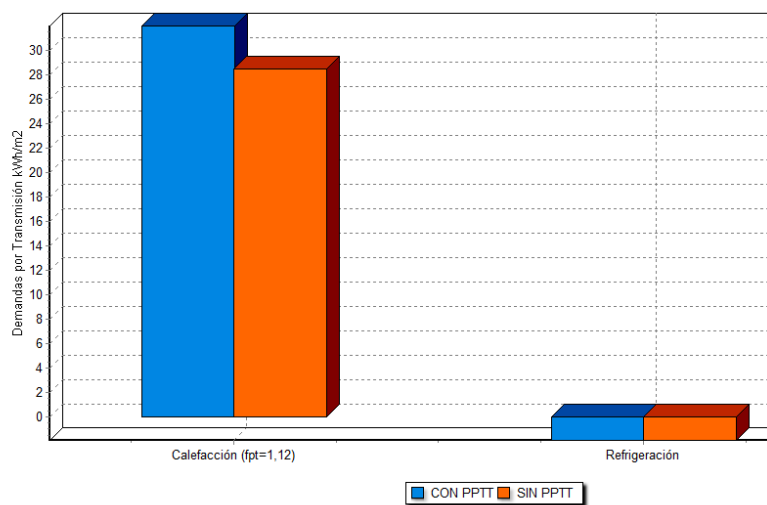
### Demanda anual

	Calefacción	Refrigeración
Demanda del edificio Objeto (kWh/m <sup>2</sup> .año)	27,74	0,60
Demanda límite (kWh/m <sup>2</sup> .año)	58,24	15,00



Si miramos el gráfico del factor de los puentes térmicos fpt, la repercusión de los puentes térmicos sobre el resultado global ha bajado a un 12%.

### Resultados Anuales



## Ejemplo 2

### Parámetros de entrada

Zona climática: D3, Madrid

Los elementos que componen la envolvente térmica se han elegido ajustándose a los valores orientativos que el CTE propone (valores en negrita y cursiva)

- Muro exterior: Bloque Ytong 30cm (U=0,28 W/m<sup>2</sup>K) ***(U=0,27 W/m<sup>2</sup>K)***
- Cubierta: Placas Ytong 24cm + 8cm XPS (U=0,23 W/m<sup>2</sup>K) ***(U=0,22 W/m<sup>2</sup>K)***
- Forjado terreno: Hormigón en masa + 8cm XPS + mortero + baldosas (U=0,36W/m<sup>2</sup>K) ***(U=0,34 W/m<sup>2</sup>K)***
- Medianera: Bloque Ytong 25cm (U=0,32W/m<sup>2</sup>K) ***(--)***
- Ventanas:
  - o Vidrios dobles bajo emisivos (U=2 W/m<sup>2</sup>K)
  - o Marcos 3 cámaras PVC (U=1,80 W/m<sup>2</sup>K), superficie marco 10%
  - o U resultante = 1,98 W/m<sup>2</sup>K ***(U=1,8-2,1 W/m<sup>2</sup>K- captación solar alta)***

Los valores para los puentes térmicos son:

Descripción	Valor por defecto (W/mK)	Código puente térmico del catálogo Ytong	Valor catálogo puentes térmicos Ytong (W/mK)
Frente de forjado	0,97	6.2.5	0,033
Cubierta plana	0,96	8.14	0,099
Esquina exterior	0,11	11.2	0,05
Esquina interior	-0,16	11.8	-0,128
Forjado inferior en contacto con el exterior	0,86	No aparece en el catálogo, se ha calculado por separado	0,125
Alfeizar	0,44	4.2	0,027
Dinteles	0,82	3.2	0,090
Jambas	0,53	2.2	0,027
Suelo en contacto con terreno	0,57	9.2	0,095

Resultado con los parámetros de los puentes térmicos según este catálogo.

