



نتایج جهانی آزمایشگاهی مقاومت حرارتی دیوارهای اکوتک

نتایج آزمایشگاهی کشور اسپانیا با دیوارهای اکوتک

(ضخامت های ۶۸ و ۹۲ میلیمتر)

Bellaterra: 21 de febrero de 2012
Expediente número: 12/4657-351
Referencia peticionario: **WALLTEC SYSTEMS MADRID, S.L.**
C/ Ferraz, 65 bajo
28008 MADRID

INFORME DE CÁLCULO

CÁLCULO SOLICITADO

Cálculo del coeficiente de transmitancia térmica de un cerramiento vertical de doble hoja a base de paneles prefabricados de hormigón ligero **WSG 68** y **WSG 92**, fabricados por WALLTEC-SYSTEMS MADRID S.L., mediante simulación por métodos numéricos basados en las normas EN ISO 6946 y EN ISO 10211-1.

Applus⁺
LGAI

Firmado digitalmente por:
Leandro Barrera Rolla
Responsable de Métodos Numéricos
LGAI Technological Center S.A.

Garantía de Calidad de Servicio

Applus+ garantiza que este trabajo se ha realizado dentro de lo exigido por nuestro Sistema de Calidad y Sostenibilidad, habiéndose cumplido las condiciones contractuales y la normativa legal.

En el marco de nuestro programa de mejora les agradecemos nos transmitan cualquier comentario que consideren oportuno, dirigiéndose al responsable que firma este escrito, o bien al Director de Calidad de Applus+, en la dirección: satisfaccion.cliente@appluscorp.com

La reproducción del presente documento sólo está autorizada si se hace en su totalidad. Sólo tienen validez legal los informes con firma original o sus copias compulsadas. Este documento consta de 10 páginas.

DESCRIPCIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL CERRAMIENTO

La muestra es un cerramiento vertical de doble hoja formado por paneles prefabricados de hormigón ligero WSG 68 y WSG 92 fabricados por WALLTEC-SYSTEMS MADRID S.L. con cámara de aire de 50 mm. La composición del cerramiento objeto de ensayo es la siguiente:

- enlucido de yeso de aproximadamente 3 mm de espesor
- hoja de panel prefabricado de hormigón ligero WSG 68, de 68 mm de espesor
- cámara de aire de 50 mm
- hoja de panel prefabricado de hormigón ligero WSG 92, de 92 mm de espesor
- enlucido de yeso de aproximadamente 3 mm de espesor

Los paneles prefabricados de hormigón ligero WSG 68 y WSG 92 presentan una composición a base de cemento, arena, agua y arlita, con una mínima adición de superfluidificante. La densidad aproximada del material constituyente de los paneles, una vez extrusionado, es de 1075 Kg/m^3 (Descripción aportada por el peticionario).

El panel WSG 68, de 68 mm de espesor y anchura 600 mm, presenta 8 perforaciones cilíndricas longitudinales de 38 mm de diámetro y un machihembrado en los laterales para la unión de un panel con otro.

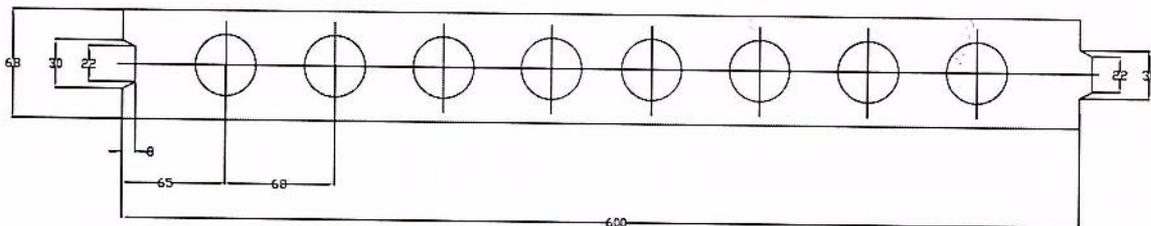


Figura 1. Detalle constructivo del panel WSG 68 (aportado por el peticionario)

El panel WSG 92, de 92 mm de espesor y anchura 600 mm, presenta 6 perforaciones cilíndricas longitudinales de 60 mm de diámetro y un machihembrado en los laterales para la unión de un panel con otro.

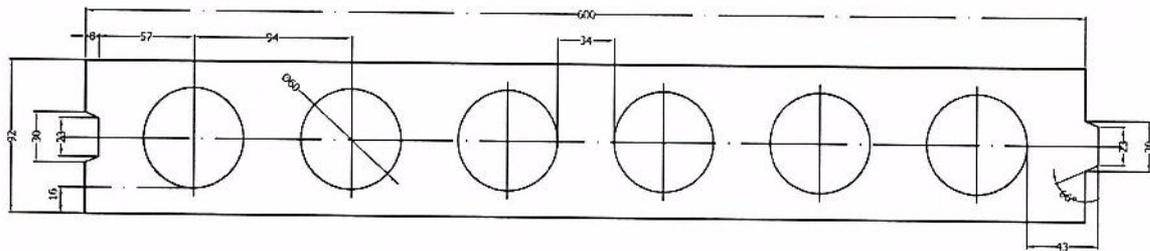


Figura 2. Detalle constructivo del panel WSG 92 (aportado por el peticionario)

La unión de un panel con otro se realiza mediante cemento cola aplicado en el machihembrado lateral que presentan los paneles. Se consideran juntas de 5 mm.

MÉTODO DE CÁLCULO

La resistencia térmica de la partición es la suma de las resistencias térmicas superficiales, las resistencias térmicas de los revestimientos, la suma de las resistencias térmica de las dos paredes de paneles de hormigón ligero sin revestir y la resistencia térmica de la cámara de aire.

$$R = R_s + R_r + R_{p68} + R_{p92} + R_a$$

donde

R_s es la suma de las resistencias térmicas superficiales a ambos lados del cerramiento

R_r es la suma de las resistencias térmicas de los revestimientos a ambas caras

R_{p68} es la resistencia térmica de la pared de 68 mm sin revestir

R_{p92} es la resistencia térmica de la pared de 92 mm sin revestir

R_a es la resistencia térmica de la cámara de aire

La transmitancia térmica del cerramiento es la inversa de la resistencia térmica

$$U = \frac{1}{R}$$

La resistencia térmica de las paredes sin revestimiento se calcula mediante el método de elementos finitos. El software utilizado, Autodesk Simulation CFD 2012, ha sido validado de acuerdo al Anexo A de la norma EN ISO 10211:2007.

El modelo empleado debe representar los paneles y una junta vertical de unión entre ellos. Un esquema de la geometría utilizada para el cálculo se presenta en la figura 2.

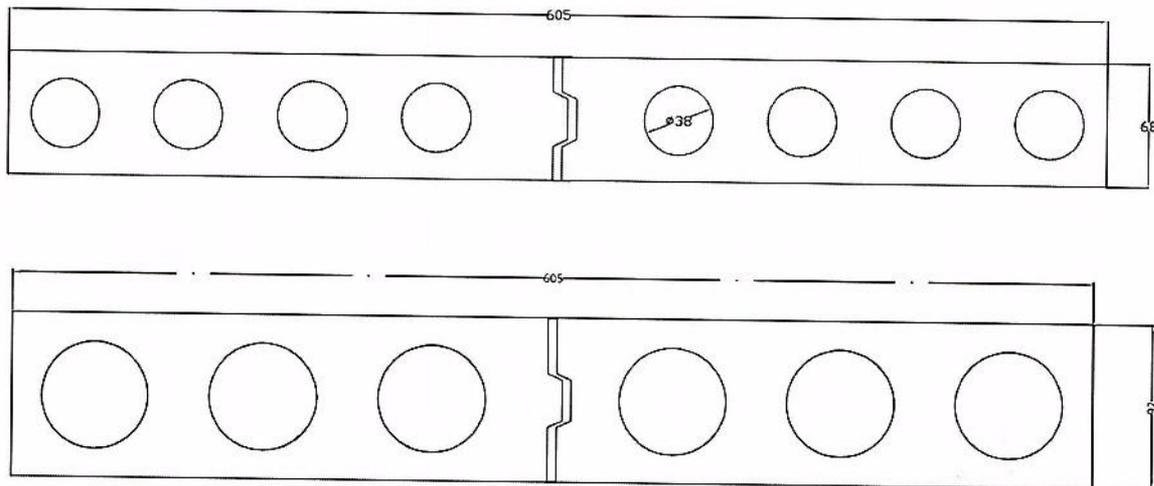


Figura 3. Geometrías de cálculo.

PROPIEDADES FUNDAMENTALES DE LOS MATERIALES

El coeficiente de conductividad térmica, λ [W/m·K], es la propiedad física de los materiales que evalúa su capacidad de conducción de calor. El valor del coeficiente de conductividad térmica del hormigón ligero utilizado para los cálculos fue obtenido mediante ensayo según la norma UNE-EN 12664, informe de ensayo nº 11/3660-3087. El valor obtenido fue de 0.387 W/m·K.

Para los cálculos se ha utilizado un valor de conductividad térmica correspondiente al cemento cola de 0.8 W/m·K.

La partición incluye revestimientos de yeso convencional de espesor 3 mm en ambos lados. La conductividad del revestimiento de yeso convencional es de 0,57 W/m·K.

Para la simulación numérica de la transferencia de calor se utiliza el concepto de conductividad equivalente del aire en el interior de los huecos interiores de los bloques de hormigón.

La conductividad equivalente está dada por la siguiente expresión:

$$\lambda = \frac{d}{R_g}$$

donde d es la dimensión del hueco paralela al flujo de calor y R_g es la resistencia térmica del aire en el hueco.

La resistencia térmica R_g se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$R_g = \frac{1}{h_a + h_r}$$

donde h_a es el coeficiente de convección y h_r es el coeficiente de radiación.

$$h_a = \max\left[1,25; \frac{0,025}{d}\right]$$

$$h_r = \frac{5.1404644}{\frac{1}{0.81820} - 1 + \frac{2}{1 - \frac{d}{b} + \sqrt{1 + \left(\frac{d}{b}\right)^2}}}$$

b es la dimensión del hueco perpendicular al flujo de calor.

El valor calculado del coeficiente de conductividad equivalente de los huecos del panel WSG 68 es de 0,1352 W/m·K. El valor calculado del coeficiente de conductividad equivalente de los huecos del panel WSG 92 es de 0,2134 W/m·K.

RESISTENCIA TÉRMICA SUPERFICIAL EXTERIOR E INTERIOR

La resistencia superficial establece las condiciones de contorno del ambiente, a ambas caras del elemento considerado, que depende de la transferencia de calor por convección y radiación con el entorno. Los valores de la resistencia térmica superficial, $R_{s,i}$ utilizados en los cálculos son los declarados en la tabla 1 (Tabla 1 de la norma EN ISO 6946:2007).

	Dirección del flujo de calor		
	Hacia arriba	Horizontal	Hacia abajo
$R_{s,i}$	0,10	0,13	0,17
$R_{s,e}$	0,04	0,04	0,04

Tabla 1. Resistencias superficiales.

Los cálculos del presente informe se realizan para particiones verticales interiores por lo que se utilizan valores de resistencia superficial de 0,13 m²K/W.

Resistencia térmica de la cámara de aire

Los valores de la tabla 2 (Tabla 2 de la norma EN ISO 6946:2007) proporcionan valores de diseño de la resistencia térmica para cámaras de aire sin ventilar para una cámara de aire con las siguientes características:

- que esté limitada por dos superficies paralelas entre sí y perpendiculares a la dirección del flujo de calor y que tengan emisividades no inferiores a 0,8.
- que tenga un espesor (en la dirección del flujo de calor) menor a 0,1 veces cada una de las otras dos dimensiones, y no mayor a 0,3 m;
- no tenga intercambio de aire con el ambiente exterior

Espesor de la cámara de aire [mm]	Dirección del flujo de calor		
	Hacia arriba	Horizontal	Hacia abajo
5	0.11	0.11	0.11
7	0.13	0.13	0.13
10	0.15	0.15	0.15
15	0.16	0.17	0.17
25	0.16	0.18	0.19
50	0.16	0.18	0.21
100	0.16	0.18	0.22
300	0.16	0.18	0.23

Tabla 2. Resistencia térmica [$m^2 \cdot K/W$] de cámaras de aire sin ventilar, superficies de alta emisividad.

Los valores intermedios pueden obtenerse por interpolación lineal.

CÁLCULOS

Resistencia térmica de las paredes de hormigón aligerado sin revestimientos

La resistencia térmica de la sección del panel de hormigón ligero WSG 68 está dada por la siguiente expresión:

$$R_p = \frac{L \cdot 20}{Q}$$

donde L es el ancho de la geometría de cálculo y Q es el flujo de calor calculado mediante métodos numéricos. Este modelo incluye el cemento cola de las juntas verticales.

El flujo de calor calculado mediante el método de elementos finitos (software utilizado: Autodesk Simulation CFD 2012):

$$Q = 25.4015 \text{ W/m}$$

Las figuras 4 y 5 muestran los resultados del cálculo. Se ha utilizado para los cálculos un mallado de 786176 elementos.

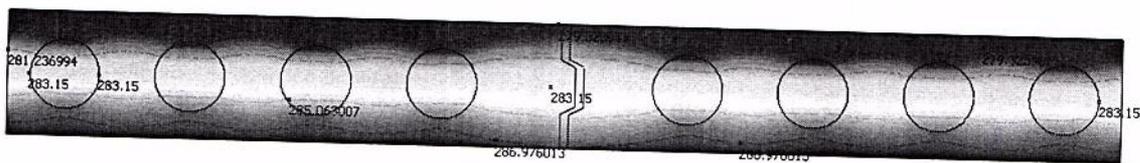


Figura 4. Isotermas.

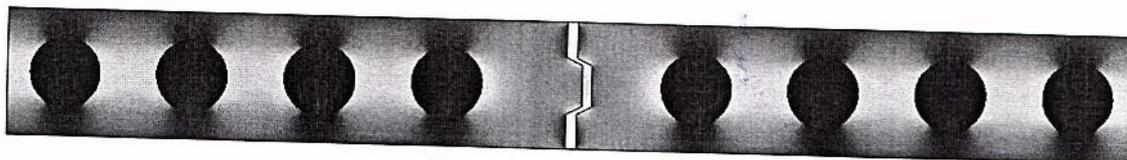


Figura 5. Flujo de calor.

El valor de resistencia térmica obtenida para la sección del panel y la junta vertical es:

$$R_{p68} = 0.216 \text{ m}^2\text{K/W}$$

La resistencia térmica no incluye las resistencias superficiales.

El flujo de calor calculado para la sección del panel WSG 92 mediante el método de elementos finitos es:

$$Q = 22.3451 \text{ W/m}$$

Las figuras 6 y 7 muestran los resultados del cálculo. Se ha utilizado para los cálculos un mallado de 545280 elementos.

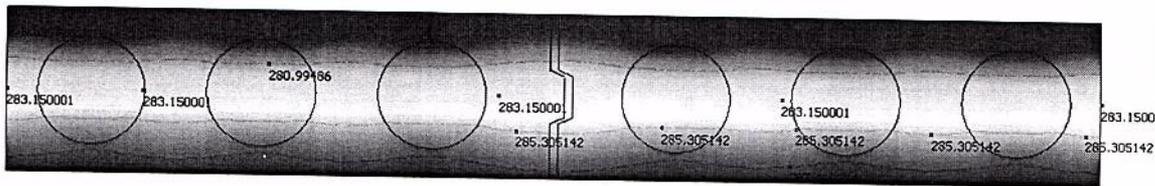


Figura 6. Isotermas.

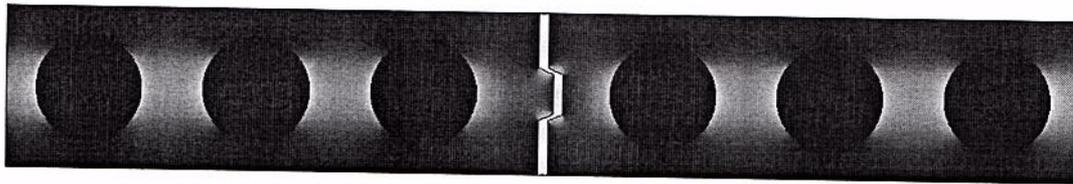


Figura 7. Flujo de calor.

El valor de resistencia térmica obtenida para la sección del panel y la junta vertical es:

$$R_{p92} = 0.282 \text{ m}^2\text{K/W}$$

La resistencia térmica no incluye las resistencias superficiales.

Resistencia térmica de los revestimientos

La resistencia térmica aportada por los revestimientos de yeso es

$$R_r = 2 \times \frac{0.003}{0.57} = 0.0105$$

$$R_r = 0.01 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Resistencia térmica de la cámara de aire

De acuerdo a la tabla 2, el valor de resistencia térmica de la cámara de aire de 50 mm es:

$$R_a = 0.18 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Resistencia térmica total de la partición

La resistencia térmica de la partición es la suma de la resistencia térmica del cerramiento sin revestir y las resistencias térmicas de los revestimientos.

$$R = R_s + R_r + R_{p68} + R_{p92} + R_a$$

La resistencia térmica de la pared con revestimiento es:

$$R = 0.2600 + 0.010 + 0.216 + 0.282 + 0.180 = 0.948$$

$$R = 0.95 \text{ m}^2\text{K/W}$$

Estos valores de resistencia térmica incluyen las resistencias superficiales.

Transmitancia térmica del cerramiento

El valor del coeficiente de transmisión térmica obtenido para el cerramiento vertical formado por paneles prefabricados de hormigón ligero WSG 68 y WSG 92 es:

$$U = \frac{1}{0.949}$$

$$U = 1.05 \text{ W/m}^2\text{K}$$