

# DETERMINACION DEL APORTE DEL MATERIAL REFLEJANTE A LA RESISTENCIA TERMICA DE LA CAMARA DE AIRE EXISTENTE EN UN PANEL DE CERRAMIENTO VERTICAL

Vicente Leonardo Volantino, Edgar Jorge Cornejo  
Unidad Técnica Habitabilidad Higrotérmica, CECON, INTI  
Casilla de correo 157 (1650) San Martín Prov. Buenos Aires ARGENTINA  
Fax: (011) 4753-5784 - E-mail: [vvolanti@inti.gov.ar](mailto:vvolanti@inti.gov.ar), [edcorne@inti.gov.ar](mailto:edcorne@inti.gov.ar)

**RESUMEN:** Se presenta una metodología de ensayo basada en la normativa internacional, que permite determinar la resistencia térmica que ofrece una cámara de aire con una superficie revestida por material reflejante y dispuesta en posición vertical.

Para ello, se utilizó un equipo de medición de la transmisión de calor en régimen permanente basado en el principio de la caja caliente con caja de guarda, al que se le fijaron las temperaturas de control que estipula el método, se introdujeron modificaciones al sistema de medición y control, y se incorporaron mayor cantidad de sensores de temperatura.

El método se aplicó también invirtiendo el sustrato de manera tal que la cámara de aire no presente ningún material reflejante en sus caras, con el objeto de comparar los resultados con los valores tabulados en ASHRAE y además poder estimar el aporte de aislación térmica que brinda la superficie reflectiva.

**PALABRAS CLAVES:** resistencia térmica, cámara de aire, superficie reflectiva, cerramiento vertical.

## INTRODUCCION

Tal como se expresó en un trabajo anterior (Volantino y Cornejo, 1999), la transferencia de calor a través de un espacio de aire comprendido dentro de un sistema constructivo, depende de la naturaleza de las superficies límites y del aire interviniente, de su orientación, de la distancia entre sus superficies y de la dirección del flujo de calor.

En el mencionado trabajo se analizó y se midió estas consideraciones en un espacio de aire dispuesto horizontalmente y con flujo de calor descendente (condición de verano para un techo).

En el actual trabajo, se brinda una metodología de medición de la resistencia térmica de una cámara de aire en posición vertical, tal como se presenta comúnmente en paneles y muros.

En el caso de tratarse de espacios de aire que poseen una o ambas caras recubiertas por materiales reflectivos, la determinación se efectuó siguiendo los lineamientos establecidos en la norma ASTM C 1224-99, la que considera a los materiales de baja emisividad, tales como foil metálico o depósito metálico, sostenidos sobre un sustrato o no.

El objetivo que se persiguió, fue el de discriminar el aporte que brinda la parte reflectiva de un material depositado sobre un sustrato, a la resistencia térmica de una cámara de aire. Para ello, se realizaron dos mediciones independientes, considerando al material en un caso enfrentado a la cámara de aire con su cara reflectiva y en el otro, cambiándolo de posición, de manera tal que la cámara de aire no tenga incidencia de superficies reflectivas (Posición 1 y Posición 2 de la Figura 1, respectivamente)

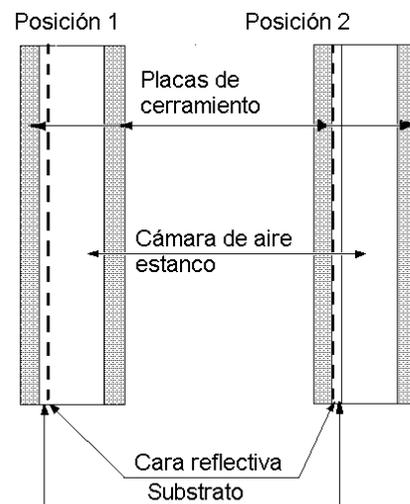


Figura 1: Ubicación de la superficie reflectiva dentro de la cámara de aire

## PREPARACIÓN DE LAS PROBETAS

De acuerdo a lo especificado en la norma mencionada, para determinar la performance térmica de los materiales reflectivos utilizados en un panel de ensayo, es necesario contar con un método uniforme que permita ajustar los resultados obtenidos en dicho panel, que debido a su función, se lo puede considerar como un portamuestra.

El mismo consiste en una estructura de madera compuesta de listones de 40mm de alto por 50mm de ancho, distribuidas según puede observarse en la Figura 2.

Tal estructura se encuentra comprendida entre dos placas de cerramiento (tablero de partículas aglomeradas) de 20mm cada una. De esta manera queda definida una cámara de aire de 40mm de espesor.

Las dimensiones totales del panel deben ser compatibles con las correspondientes al equipo de medición empleado.

En la zona central del panel, en un área de 1m<sup>2</sup>, se dispusieron los sensores de temperatura distribuidos de la siguiente manera: 18 termocuplas para medición de la cámara de aire y 12 termocuplas para la medición de la resistencia térmica de los separadores de madera, tal como puede verse tanto en la Figura 2 como en la Foto 1.

El material reflectivo se colocó en el panel entre los listones y la placa de aglomerado, teniendo especial cuidado de que quede bien tensado para asegurar que la cámara de aire mantenga el espesor constante en toda su extensión.

Además, se tuvo la precaución de solapar al material para evitar discontinuidades.

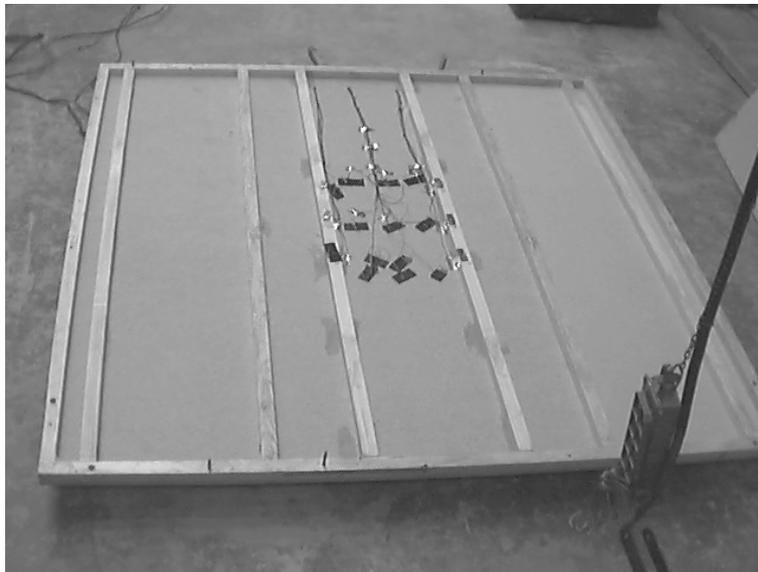


Foto 1: Instalación de las Termocuplas

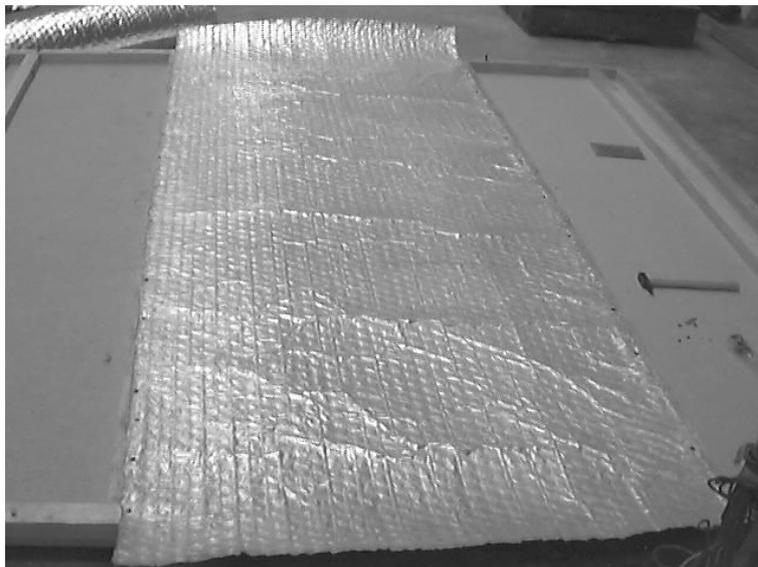


Foto 2: Colocación del material reflejante



Foto 3: Panel de ensayo terminado

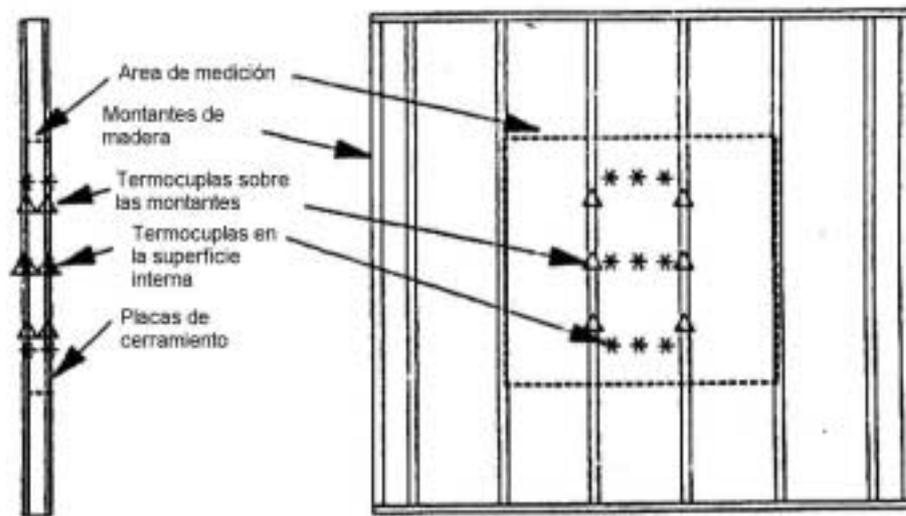


Figura 2: Panel de ensayo y disposición de las termocuplas

### CONSIDERACIONES PREVIAS

La cantidad de calor en régimen permanente a través del material reflectivo en la cavidad dentro de la zona de medición, puede ser determinado por la expresión (1):

$$Q_{MR} = Q_T - \left( A_M \times \Delta T_M / R_M \right) \quad (1)$$

donde,  $Q_T$  = cantidad de calor total a través del panel de ensayo (W);  $A_M$  = sección definida por los separadores de madera ( $m^2$ );  $\Delta T_M$  = diferencia de temperatura promedio, medida sobre el espesor de los separadores de madera (K);  $R_M$  = resistencia térmica de los separadores de madera ( $m^2 K/ W$ ) y  $Q_{MR}$  = cantidad de calor total a través de la cámara de aire (W)

Los valores de  $Q_T$ ,  $A_M$  y  $\Delta T_M$  surgen de las mediciones realizadas en el ensayo; mientras que  $R_M$ , se obtiene a partir de la medición del espesor ( $e_M$ ) de la madera empleada para la construcción de los separadores y mediante la determinación de la conductividad térmica ( $\lambda_M$ ) de la misma, según la conocida expresión:

$$R_M = e_M / \lambda_M \quad (2)$$

Para la obtención de  $\lambda_M$ , se utilizó el equipo que sigue el método denominado Medidor del Flujo de Calor (ASTM C518-98), determinada a una temperatura media de 24°C, que corresponde a la que se encuentran los listones de madera dentro del panel de ensayo. El resultado de este ensayo, arrojó un valor de  $\lambda_M$ : 0,18 W/m K.

La resistencia de la cámara de aire se halla como:

$$R_{CA} = A_{CA} \times \Delta T_{CA} / Q_{MR} \quad (3)$$

donde,  $A_{CA}$  = sección de la cámara de aire (m<sup>2</sup>) y  $\Delta T_{CA}$  = diferencia de temperatura promedio a través de la cámara de aire (K)

Un análisis similar puede realizarse para el caso en que se ensaya la probeta con la disposición definida como Posición 2, es decir, con una cámara de aire no reflectiva, por lo que llamamos a la cantidad de calor que la atraviesa como  $Q_{MNR}$  (material no reflectivo)

### CALIBRACIÓN DEL EQUIPO DE MEDICIÓN

Para la determinación de la resistencia térmica, la norma ASTM C 1224 contempla la posibilidad de utilizar dos métodos de medición, uno es el de la Caja Caliente Calibrada según ASTM C 976 y el otro, es el de la Caja Caliente con Caja de Guarda según ASTM C 236-89. Debido a la disponibilidad de nuestro laboratorio, se empleó un equipo que responde a este último método (Figura 3)

La calibración del método de ensayo, consiste en colocar un panel de referencia cuya conductancia térmica es conocida, debiéndose ajustar el flujo de calor que lo atraviesa para mantener un determinado gradiente de temperatura y de esta manera, poder hallar su factor de corrección.

Una vez finalizada la calibración, se retira el panel de referencia del equipo y se coloca en su lugar, la probeta a ensayar, en este caso, el panel que posee cámara de aire más material reflectivo.

Según establece la norma ASTM C 1224, las condiciones que deben mantenerse en la cámara de aire son, una temperatura media de (24±2)°C y una diferencia de temperatura entre sus caras de (16±1)°C.

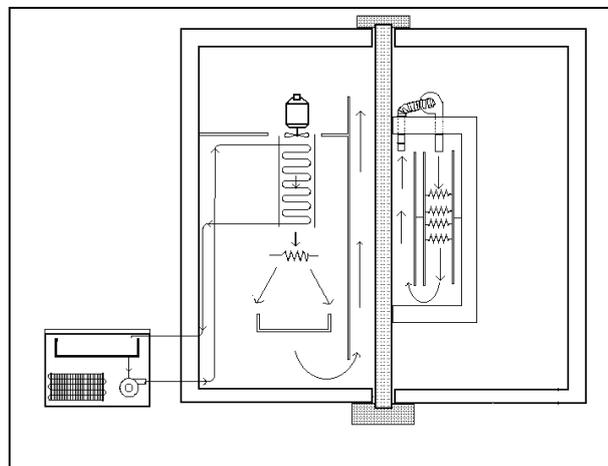


Figura 3: Equipo de ensayo por el método de Caja Caliente con Caja de Guarda

### MEDICIONES REALIZADAS

Para cada caso ensayado, las 37 termocuplas instaladas permitieron medir las siguientes temperaturas:

Tres (3) en la cara caliente del panel:

Nueve (9) en la cara caliente del lado interno de la placa de cerramiento (superficial de la cámara de aire)

Seis (6) en la cara caliente del lado interno de la placa de cerramiento en contacto con los separadores de madera.

Nueve (9) en la cara fría del lado interno de la placa de cerramiento, entre éste y el sustrato del material reflectivo.

Seis (6), idem anterior, pero alineadas con los separadores de madera.

Tres (3) en la cara fría del panel.

Una (1) en el ambiente del laboratorio.

Además, se midió el flujo de calor utilizando un transductor de energía. Los valores se midieron durante diez (10) días para cada caso; a modo de ejemplo, se pueden ver en las figuras 4 y 5, los datos correspondientes a los últimos días de ensayo, en que el sistema se comporta en condiciones térmicamente estables. La Figura 4 representa la evolución de las temperaturas superficiales de la cámara de aire y la cantidad de calor para el ensayo del panel con material de superficie reflectiva enfrentado a la cavidad; mientras que la Figura 5 es la que corresponde al ensayo del panel con cámara de aire no reflectiva.

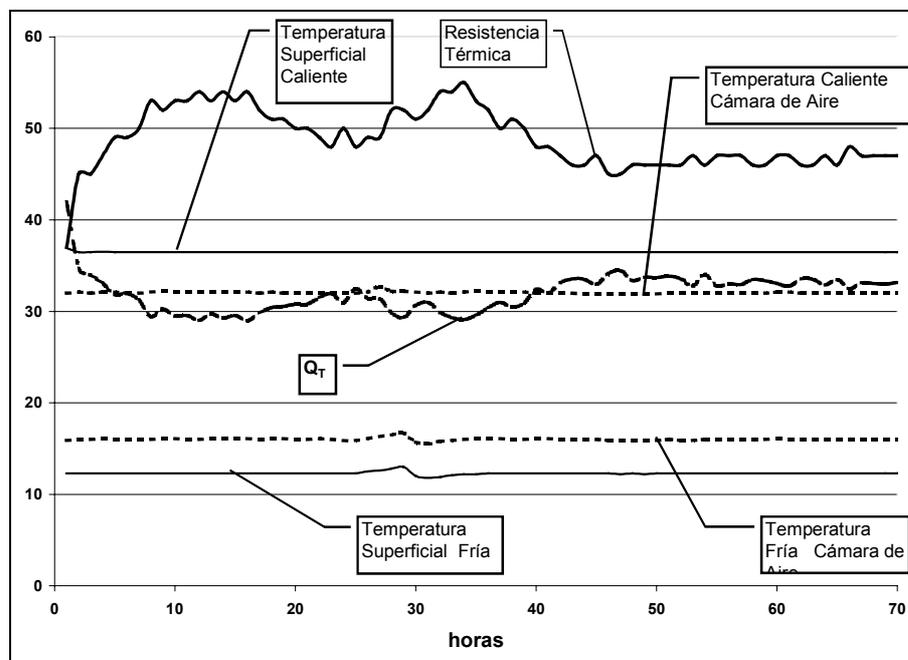


Figura 4. Evolución durante las últimas 70 horas de las mediciones para la posición 1.

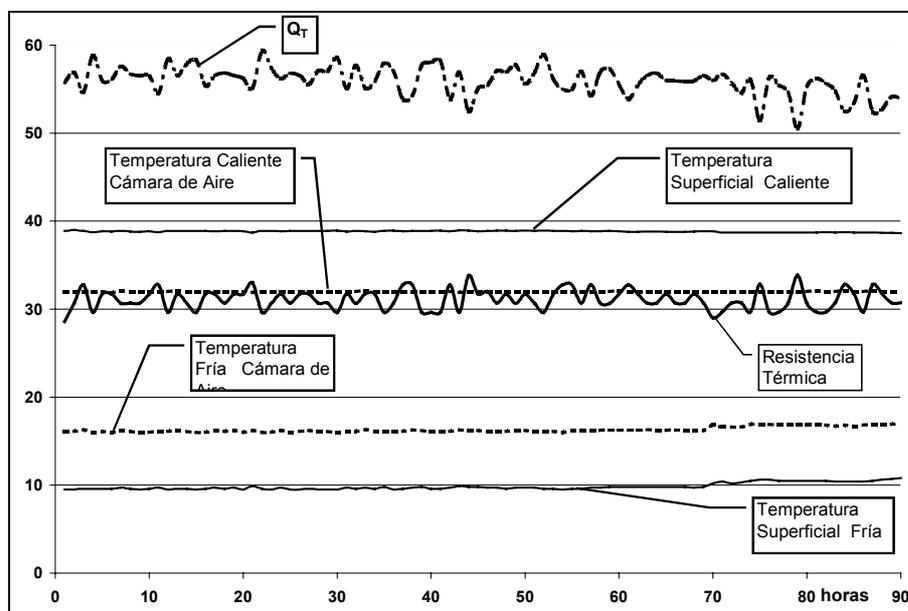


Figura 5. Evolución durante las últimas 90 horas de las mediciones para la posición 2.

Aplicando las ecuaciones (1) y (3) se puede determinar la resistencia térmica, tanto para la posición 1 (cámara de aire más material con superficie reflectiva), como para la posición 2 (cámara de aire más material con superficie no reflectiva).

$$R_1 = 0,46 \text{ m}^2\text{K/ W}$$

$$R_2 = 0,31 \text{ m}^2\text{K/ W}$$

La resistencia térmica debida al aporte del material reflectivo se obtiene como diferencia de  $R_1$  y  $R_2$

$$R_{\text{ref.}} = R_1 - R_2 = 0,15 \text{ m}^2\text{K/ W}$$

## CONCLUSIONES

Con la utilización del equipo de Caja Caliente con Caja de Guarda, se pudo implementar un método normalizado que permitió determinar la resistencia de cámara de aire con material reflectivo en sistemas de cerramiento vertical.

Si bien este fue el objetivo primario que se persiguió, también se pudo lograr la aplicación de un procedimiento que sirvió para discriminar el aporte debido a la superficie reflectiva, con tan sólo cambiar su disposición dentro de la cavidad.

Por otra parte, y considerando la gran cantidad de productos que se autodefinen como reflectivos, la ejecución de este ensayo brinda una herramienta que posibilita cuantificar la verdadera performance térmica de cada uno de ellos.

En la norma ASTM C 1224, está especificado que para que un material sea considerado reflectivo, su emitanza debe ser 0,1 o menor. Esto significa que para un espesor de 40 mm de cámara de aire vertical, su resistencia térmica debe ser de 0,39 m<sup>2</sup> K/ W como mínimo, dependiendo de las condiciones de temperatura de ensayo que establece la mencionada norma.

## REFERENCIAS

ASHRAE, Handbook of Fundamentals. Chapter 24 (1997)

ASTM C 236-89 (1993) Standard Test Method for Steady-State Thermal Performance of Building Assemblies by Means of a Guarded Hot Box.

ASTM C518-98 (1998) Standard Test Method for Steady-State Thermal Transmission Properties by Means of the Heat Flow Meter Apparatus.

ASTM C1224-99 (1999) Standard Specification for Reflective Insulation for Building Applications.

Volantino V. L. y Cornejo E. J. (1999). Determinación de resistencia térmica por radiación en cámaras de aire con materiales reflejantes en techos. XXII Reunión de Trabajo de ASADES. Tucumán.

**ABSTRACT:** It is introduced a test method based on international standards, which allows to determine the thermal resistance offered by a vertical-positioned air cavity covered by reflective material.

For this, a measurement equipment for steady state heat transfer based on guarded hot box principles, was used. The control temperatures indicated by the method were set, modifications to the control and measurement system were fixed, and more temperatures sensors were incorporated.

This method was also applied turning the substrate so that the air cavity faces do not have any reflective material on them. The aims for this were to compare the results with ASHRAE standardized values, and be able to estimate the thermal insulation contribution of the reflective surface.