

MÉTODO PARA DETERMINAR LA EMITANCIA DE MATERIALES CON SUPERFICIES REFLECTIVAS SOBRE SUBSTRATO

Vicente Leonardo. Volantino, Edgar Jorge Cornejo Siles
Unidad Técnica Habitabilidad, INTI Construcciones
Av. Gral. Paz 5445, San Martín, Prov. Buenos Aires, ARGENTINA
Telefax: (5411) 4753-5784 / 4754-4065
e-mail: vvolanti@inti.gob.ar; edcorne@inti.gob.ar

RESUMEN: Se presenta un método para medir la emitancia de láminas con superficies reflectivas, empleadas para aumentar la resistencia térmica de las cámaras de aire existentes en los techos, cuando se encuentran sometidos bajo condiciones de alta temperatura y de radiación solar. Este trabajo desarrolla un método de la medición de emitancia sobre estos productos comerciales que poseen un substrato de baja conductividad térmica, para lo que se debió implementar una técnica de medición comparativa con un material laminar utilizado como referencia. La misma consistió en medir la emitancia sobre a) el material laminar de referencia, b) éste colocado sobre el producto comercial, y c) el producto comercial. Asimismo, se ha medido la resistencia térmica de cámaras de aire que tienen una cara reflectiva, con un equipo medidor de propiedades de transferencia de calor, y se determinó indirectamente la emitancia efectiva, para compararla con la emitancia de la superficie reflectiva determinada a priori.

Palabras clave: materiales reflectivos, emitancia, emisómetro.

INTRODUCCION

La existencia de cámaras de aire dentro de los sistemas constructivos, propone el aprovechamiento del aporte de las superficies enfrentadas mediante el empleo de productos que poseen un bajo valor de emitancia, lo que le confiere al espacio de aire un aumento en su resistencia térmica. Este concepto es más utilizado en los techos que en los muros, y se percibe su efectividad principalmente en climas cálidos o en aquellos en que se presentan condiciones de alta temperatura exterior y de radiación solar incidente. En estos casos, es importante tener conocimiento de un parámetro que define el comportamiento térmico de ese espacio de aire, tal como lo es la emitancia de cada superficie.

Por otra parte, es sabida la importancia que tiene la pérdida de calor por el techo en un edificio, debido al intercambio energético con la bóveda celeste en noches frías y a cielo despejado. Para ello, es necesario conocer la emitancia de la superficie de la cubierta de un techo, ya que a menores valores de ésta, menor es el subenfriamiento de temperatura que soportará.

La determinación de la emitancia, tanto para la normal como para la hemisférica total, se puede efectuar mediante el empleo de métodos de laboratorio normalizados. Pero existe otro método normalizado (ASTM C1371 - 04a) que permite determinar la emitancia tanto en laboratorio bajo condiciones controladas del ambiente bajo el cual se ensaya, como en obra en régimen transitorio. El método se basa en la utilización de un equipo, emisómetro, que provisto de patrones de baja y de alta emitancia, permite la calibración y la determinación de tal propiedad superficial de los diferentes materiales que se quiera ensayar.

Un desarrollo efectuado por la empresa fabricante del instrumento (Technical Note 92-1.) en la que efectuó mediciones sobre 12 materiales de diferentes valores de emitancia, que cubren el rango de 0,02 hasta 0,98, informa como resultado que las determinaciones efectuadas con el emisómetro, responden directamente a un promedio lineal entre los valores hallados de la emitancia hemisférica y de la normal.

DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO DE MEDICIÓN

El emisómetro es un instrumento especialmente desarrollado para la medición de emitancia. Está compuesto por un detector de radiación constituido por una termopila diferencial con dos áreas bien definidas, una de baja y otra alta emitancia. El mismo está diseñado para tener una salida en voltios que es lineal con el valor de emitancia. La combinación de las áreas mencionadas asegura una respuesta constante en el intervalo de longitud de onda desde 3 hasta 30 μm

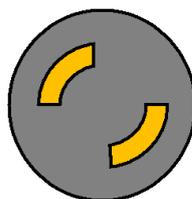


Figura 1: vista inferior del detector; las zonas doradas representan las de baja emitancia

El instrumento posee un disipador de calor sobre el que se apoya tanto la muestra a medir como los patrones de referencia utilizados para la calibración, manteniendo la misma temperatura para ambos casos. Para la calibración del instrumento se emplean dos patrones de emitancia conocida, una de bajo y otra de alto valor, que son provistas con su correspondiente certificado de calibración. Dichos patrones son de forma circular de 67 mm de diámetro.



Figura 2: Foto del equipo de medición y esquema del emisómetro

Calibración del instrumento:

Para la calibración se utiliza una muestra patrón de alta emitancia ($\epsilon=0,87$), fabricada de aluminio anodizado de color negro con recubrimiento de teflón y otra muestra patrón de baja emitancia ($\epsilon=0,05$), de bronce niquelado. Se coloca el patrón de alta emitancia sobre un extremo del disipador y el de baja sobre el otro extremo (Figura 3).



Figura 3: Ubicación de los patrones de alta y baja emitancia sobre el disipador y sus respectivas mediciones.

Para que las dos muestras permanezcan a la misma temperatura se debe garantizar una buena transferencia de calor entre el disipador y las mismas, colocando varias gotas de agua sobre el disipador antes de apoyar las muestras patrones, asegurando la continuidad de la película de agua, de manera de evitar la ocurrencia de errores en la medición debido a este aspecto.

- 1.-Se coloca el emisómetro sobre la muestra patrón de alta emitancia, luego se espera la estabilización del display aproximadamente 90 segundos, si hay diferencia se ajusta con el potenciómetro ubicado sobre el voltímetro digital, al valor que indica el patrón. Para aumentar el valor de la emitancia se gira el potenciómetro en sentido de las agujas del reloj.
- 2.-Luego se apoya el medidor sobre el patrón de baja emitancia, hasta la estabilización del mismo, si existe diferencia se ajusta con un trimmer ubicado en la cabeza del detector al valor de 0,05.
- 3.-Posteriormente se coloca el emisómetro sobre la muestra patrón de alta emitancia y se espera hasta su estabilización y hay diferencia se repite nuevamente la secuencia descrita 1 y 2 hasta lograr los valores de emitancia indicado en los patrones. Repetir la calibración cada 30 minutos para disminuir los errores debido a cambios de temperatura de la muestra o de la temperatura ambiente.

Resultados de la calibración:

Se presenta en la Figura 4 las mediciones correspondientes a calibraciones realizadas en forma descendente, es decir, midiendo en primer lugar sobre la muestra de alta emitancia y luego sobre la de baja emitancia.

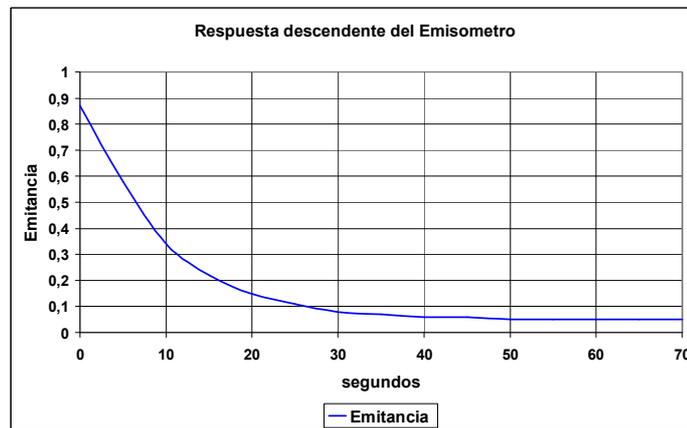


Figura 4: Calibración con patrones de emitancia en forma descendente

En la Figura 5, se muestra las mediciones correspondientes a calibraciones realizadas en forma ascendente, esto es, midiendo en primer lugar sobre la muestra de baja emitancia y luego sobre la de alta emitancia.

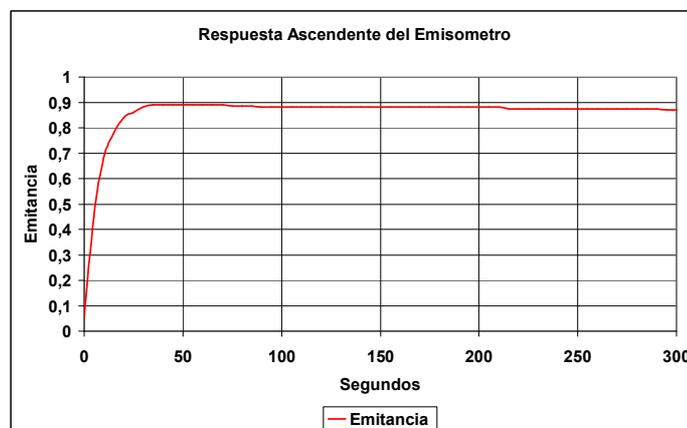


Figura 5: Calibración con patrones de emitancia en forma ascendente

El objetivo de estas calibraciones en ascenso y en descenso de la emitancia, es el determinar el tiempo necesario para alcanzar el equilibrio térmico en el conjunto detector-patrón-disipador, el que luego se repetirá en el momento de ensayar las muestras a medir.

MEDICIÓN DE EMITANCIA EN MATERIALES REFLECTIVOS EN LÁMINA

Se ubica la muestra patrón de alta emitancia sobre un extremo del disipador y la muestra desconocida sobre el otro extremo. El material a ensayar debe ser plano dentro de una tolerancia de 25 μm y debe ser un buen conductor térmico, tal como los materiales metálicos o lo suficientemente delgado tal que la superficie del material no cambie la temperatura debido a la energía absorbida por el emisómetro durante la medición. La relación entre la conductividad térmica y su espesor debe ser mayor que 1100 $\text{W/m}^2\cdot\text{K}$.

Seguidamente, se detallan los valores de emitancia obtenidos sobre diferentes muestras de foil de aluminio de 70 mm de diámetro, que fueron suministradas por empresas fabricantes del producto. Las mismas fueron ensayadas 10 veces cada una de ellas a fin de verificar la repetibilidad de la lectura. Como parte de las mediciones, se comienza con la verificación de los valores de emitancia de los patrones de alta y de baja emitancia, los que se repiten cada 30 minutos, de modo tal que se puede asegurar que el instrumento se mantiene calibrado.

Muestra	Lado de la muestra	Emitancia (ϵ)
Foil de aluminio M 1	Anverso	0,06
	Reverso	0,06
Foil de aluminio M 2	Anverso	0,06
	Reverso	0,06
Foil de aluminio M 3	Anverso	0,05
	Reverso	0,05
Foil de aluminio M 4	Anverso	0,05
	Reverso	0,06
Foil de aluminio M 5	Anverso	0,06
	Reverso	0,05
Foil de aluminio M 6	Anverso	0,06
	Reverso	0,06

Tabla 1: Medición de emitancia de materiales de foil de aluminio brillante

Las mediciones se realizaron en un laboratorio con condiciones ambientales controladas, en el que se registraron durante las mediciones los siguientes parámetros: (24±0,5) °C; (39±2)%HR; (103,5±0,1) kPa.

MEDICIÓN DE EMITANCIA EN MATERIALES REFLECTIVOS CON SUBSTRATO

Consideraciones teóricas

El flujo de calor por radiación entre la muestra y el detector es

$$Q = \sigma \times \epsilon \times (T_d^4 - T_s^4) \quad (1)$$

El detector es una termopila diferencial que en la configuración del emisómetro solo responde a la transferencia de calor por radiación entre la superficie de la muestra y el detector. La salida del detector puede expresarse como:

$$D = K \times \epsilon \times (T_d^4 - T_s^4) \quad (2)$$

Donde K es una constante del detector, D es la salida del detector en Voltios y ϵ es la emisividad de la muestra

En régimen permanente podemos establecer un balance de energía sobre la superficie de la muestra, en la que interviene la transferencia de calor por conducción en el espesor de la muestra por una parte y la transferencia de calor por convección y por radiación entre la superficie de la muestra y el detector, por otra parte. Estas expresiones se encuentran a la izquierda y a la derecha de la igualdad, respectivamente, de la ecuación (3).

$$\frac{\lambda}{e} \times (T_s - T_a) = \frac{\sigma \times (T_d^4 - T_s^4)}{\frac{1}{\epsilon} - 1 + \frac{1}{\epsilon_d}} + \frac{\lambda_a}{h} \times (T_d - T_s) \quad (3)$$

Donde:

$h = 0,0043\text{m}$ es la distancia del detector a la superficie de la muestra

$e =$ espesor de la muestra

$\lambda_a = 0,025 \text{ W/m}^2\text{K}$, es la conductividad térmica del aire

$\lambda = \text{W/m}^2\text{K}$, es la conductividad térmica de la muestra

$\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{.K}$, la constante de Stefan Boltzmann

$\epsilon =$ emitancia de la muestra

$\epsilon_d = 0,93$, es la emitancia del detector cuyo valor corresponde a la pintura negra Nextel (dato del fabricante del instrumento).

$T_d = 354 \text{ K}$ y $T_s \cong T_a = 297 \text{ K}$, son las temperatura del detector y de la muestra (o ambiente, aproximadamente), datos que fueron verificados mediante mediciones realizadas con un termógrafo (Figura 6), ajustando la emitancia al valor informado por el fabricante del instrumento.

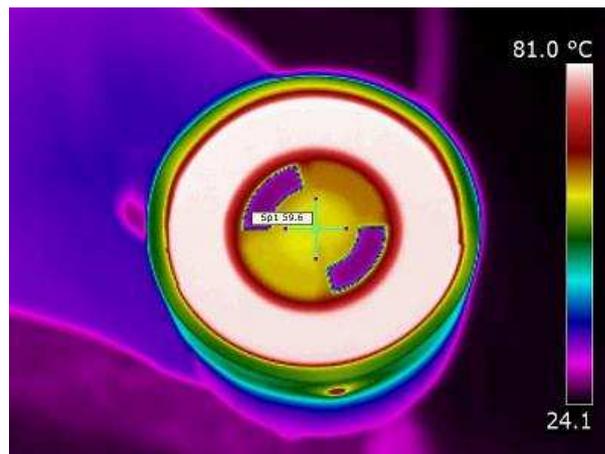


Figura 6: Imagen termográfica del cabezal del emisómetro (detector) cuya temperatura es de 81 °C (354 K)

Reemplazando los valores correspondientes al emisómetro y despejando $(T_s - T_a)$, la expresión (3) queda:

$$(T_s - T_a) = \frac{e}{\lambda} \left[\frac{460}{\frac{1}{\epsilon} + 0,0753} + 337 \right] \quad (4)$$

Desarrollando en serie se puede aproximar a la siguiente expresión:

$$(T_s - T_a) = \frac{e}{\lambda} [460 \times \varepsilon + 337] \quad (5)$$

La ecuación del detector está dada por la expresión (2), pero cuando se trata de medir sobre muestras de baja conductividad térmica, aparece una pequeña diferencia de temperatura entre la superficie de la muestra y la del ambiente, que traerá como consecuencia un error en el valor de emitancia leído, por lo tanto, podemos escribir el error de la salida del detector como:

$$\Delta\varepsilon = K \times \varepsilon \times (T_d^4 - T_a^4) - K \times \varepsilon \times (T_d^4 - T_s^4) \quad (6)$$

Simplificando

$$\Delta\varepsilon = K \times \varepsilon \times (T_s^4 - T_a^4) \quad (7)$$

Desarrollando

$$\Delta\varepsilon = K \times \varepsilon \times (T_s^2 - T_a^2) \times (T_s^2 + T_a^2) \quad (8)$$

$$\Delta\varepsilon = K \times \varepsilon \times (T_s^2 + T_a^2) \times (T_s + T_a) \times (T_s - T_a) \quad (9)$$

Como T_s es aproximadamente igual a T_a se puede escribir la expresión (9) como

$$\Delta\varepsilon = K \times \varepsilon \times 4 \times T_a^3 \times (T_s - T_a) \quad (10)$$

Para expresar el error de medición como un cambio en la emitancia ($\Delta\varepsilon$), la constante del detector K en la ecuación (2), se elige de manera tal que la salida del detector D sea igual a la emitancia ε para obtener una lectura directa en el display. Por lo tanto de la (2) se obtiene

$$K = \frac{1}{(T_d^4 - T_s^4)} \quad (11)$$

Remplazando en la (10) este valor de K y $(T_s - T_a)$ dado en la (5) se obtiene

$$\Delta\varepsilon = \frac{1}{(T_d^4 - T_a^4)} \times \varepsilon \times 4 \times T_a^3 \times \frac{e}{\lambda} \times (460 \times \varepsilon + 337) \quad (12)$$

Reemplazando los valores dados por el emisómetro en la ecuación anterior

$$\Delta\varepsilon = 4,36 \times \varepsilon \times \frac{e}{\lambda} \times (1,36 \times \varepsilon + 1) \quad (13)$$

Al ser un material de baja conductividad colocado sobre el disipador y al colocar el emisómetro se establecerá una diferencia de temperatura entre las caras opuesta del material a medir. Por lo tanto se debe corregir el error que se introduce con esta diferencia de temperatura.

Para ello se debe disponer de una cinta cuyo ancho debe cubrir la superficie del cabezal del emisómetro. En primer lugar se mide la emisividad (ε_1) de la cinta aplicando el procedimiento descrito en el punto anterior, donde la cinta debe estar directamente sobre el disipador para asegurar la constancia de la temperatura sobre su superficie. Luego esta cinta es colocada sobre la superficie del material desconocido y se repite la medición de emisividad de este conjunto (ε_2). La disminución en la emisividad respecto de la medición previa es $\Delta\tilde{\varepsilon}$

$$\Delta\varepsilon = \varepsilon_1 - \varepsilon_2 \quad (14)$$

Para determinar la emitancia del material desconocido ε_M se mide la misma según el procedimiento de medición de emitancia sin la cobertura de la cinta. Con el valor de $\Delta\varepsilon$ se calcula (e/λ) y se lo vuelve a inyectar en la expresión (13) con el objeto de volver a determinar $\Delta\varepsilon$. El proceso es iterativo hasta que el valor del error $\Delta\varepsilon$ se mantiene inalterable. Por lo tanto la emitancia de la muestra corregida (ε_{MC}) será la suma de dicha emitancia (ε_M) más el error antes hallado $\Delta\varepsilon$.

$$\varepsilon_{MC} = \varepsilon_M + \Delta\varepsilon \quad (15)$$

Validación experimental

Debido a que las mediciones de emitancia de las láminas de aluminio resultaron valores similares, entre 0,05 y 0,06 (Tabla 1), se utilizó una de ellas (M 3) y se la colocó sobre espuma de polietileno expandido de 5mm de espesor, material que habitualmente se utiliza como sustrato en los productos comerciales, configurando este conjunto el sistema a medir según el método explicitado anteriormente (2° párrafo posterior a la expresión 13).

Se realizaron las mediciones de emitancia sobre los siguientes elementos: 1) lámina de aluminio (ϵ), 2) lámina de aluminio adherida al sustrato (ϵ_M), 3) material laminar de referencia (ϵ_1) y, 4) material de referencia sobre el conjunto 2 (ϵ_2). Los valores obtenidos se presentan en la Tabla 2, donde la suma de la emitancia del elemento 2 (ϵ_M) y el error correspondiente ($\Delta\epsilon$), se compara con la emitancia de la lámina de aluminio (ϵ). Idéntica operación se hizo con una muestra de lámina de aluminio corrugado, ya que es una apariencia usual de su superficie que tienen los productos comerciales.

Material reflectivo	ϵ	ϵ_M	ϵ_1	ϵ_2	$\Delta\epsilon$	$\epsilon_2 + \Delta\epsilon$
Lámina plana de Aluminio	0,05	0,04	0,83	0,50	0,01	0,05
Lámina corrugada de Aluminio	0,11	0,08	0,83	0,43	0,03	0,11

Tabla 2: Mediciones de emitancia de láminas de aluminio directas e indirectas aplicando el método de la cinta sobre un sustrato

Resultados obtenidos

La primera determinación consistió en la medición de la emitancia de la cinta, la que resultó ser $\epsilon_1 = 0,83$. Luego, se hicieron los ensayos correspondientes sobre distintos materiales reflectivos con sustratos diferentes, los que fueron medidos sobre las caras que poseían la lámina de aluminio. Los valores se detallan en la tabla siguiente.

Muestra	Emitancia muestra+cinta (ϵ_2)	Emitancia muestra (ϵ_M)	Error iterado $\Delta\epsilon$	Emitancia corregida (ϵ_{MC})	e/λ m ² .K/W
Foil de Al en ambas caras con sustrato de espuma de polietileno expandido de 5 mm de espesor	0,46	0,06	0,019	0,08	0,15
Foil de Al en ambas caras con sustrato de espuma de polietileno expandido de 10 mm de espesor	0,43	0,06	–	– (X)	0,30
Foil de Al en una cara con sustrato de polietileno con burbujas de aire de $\phi=10$ mm	0,44	0,11	0,041	0,15	0,13
Foil de Al en una cara con sustrato de polietileno con burbujas de aire de $\phi=30$ mm	0,38	0,18	0,101	0,28 (XX)	0,12
Foil de Al en ambas caras con sustrato de polietileno con burbujas de aire de $\phi=10$ mm (lado con gofrado circular)	0,45	0,20	0,088	0,29	0,12
Foil de Al en ambas caras con sustrato de polietileno con burbujas de aire de $\phi=10$ mm (lado con gofrado corrugado)	0,45	0,16	0,064	0,22	0,12
Membrana asfáltica de 3 mm con recubrimiento de foil de aluminio	0,68	0,05	0,005	0,06	0,06

Tabla 3: Mediciones de emitancia de materiales reflectivos con sustratos



Figura 7: Foto de las diferentes muestras ensayadas con el emisómetro

Existen dos casos sobre los cuales se encontró que no es válida la aplicación de este método. El primer caso, es cuando el espesor del sustrato es mayor a 5 mm (X). La resistencia térmica que presenta un mayor espesor del sustrato, aleja la temperatura de la superficie de la muestra a la del disipador, por lo que ya no son válidas las expresiones matemáticas con las simplificaciones empleadas.

El otro caso, es cuando el sustrato que posee burbujas de aire tiene un diámetro mayor a 10 mm (XX). La medición de la emitancia corregida arrojó un valor de 0,28, mientras que al ensayar únicamente la lámina reflectiva que posee se obtuvo una emitancia de 0,41. Esto es debido a que la lámina tiene un recubrimiento de polietileno que aumenta la emitancia de su superficie. Para verificar este valor, se colocó la lámina sobre un sustrato de espuma de polietileno de 5 mm de espesor y se determinó la emitancia corregida mediante el “método de la cinta” antes descrito. Los resultados que se obtuvieron fueron:

$$\epsilon_2 = 0,39 \qquad \epsilon_M = 0,24 \qquad \Delta\epsilon = 0,15 \qquad \epsilon_{MC} = 0,39 \qquad (16)$$

Esta emitancia corregida (ϵ_{MC}) de 0,39 es muy próxima al valor de 0,41 obtenida para la lámina sola, y descarta el resultado hallado para el producto con las burbujas de aire de 30 mm de diámetro mostrado en la Tabla 3.

MEDICIONES DE EMITANCIA EFECTIVA EN CÁMARAS DE AIRE

La determinación de las propiedades relacionadas con la transmisión del calor, se realizó mediante la utilización del denominado “método del medidor del flujo de calor”, que sigue los lineamientos estipulados en la norma ASTM C 518. Dicho aparato basa su funcionamiento en el establecimiento de un flujo de calor unidireccional, bajo un régimen estacionario, a través de un espécimen contenido entre dos placas planas y paralelas que se hallan a diferentes temperaturas, pero constantes. El equipo está compuesto por dos placas isotérmicas, un transductor de flujo de calor, dispositivos para medir y controlar la temperatura, el espesor entre placas y la señal de salida del transductor de flujo de calor.

Las dos placas poseen superficies isotérmicas en contacto con ambas caras de la muestra y consisten de fuentes generadoras de calor, cuyas superficies poseen alta conductividad. Un transductor de flujo de calor está ubicado arriba de la placa inferior, cuyas dimensiones definen la llamada área de medición, constituyendo el resto de la placa el área de guarda.

Previamente se debe calibrar adecuadamente el transductor de flujo de calor en las mismas condiciones de temperatura que las que serán utilizadas para la muestra a ensayar. La distancia entre placas puede ser ajustada mediante un dispositivo externo, lo que permite definir con precisión el espesor que se persigue. Debido a la disposición del equipo, los ensayos sólo pueden realizarse con flujo de calor descendente.



Figura 8: Foto del equipo medidor de flujo de calor, utilizado para determinar la resistencia térmica de las cámaras de aire.

En esta oportunidad, el equipo se utilizó para obtener valores de resistencia térmica de cámaras de aire, opción que se halla prevista dentro de las características que ofrece el instrumento, para lo cual se debe disponer de un cuadro rígido pero de material aislante térmico que cubra totalmente la superficie de ensayo y cuya altura represente el espesor de la cámara de aire que se quiere determinar. El cuadro mencionado se ubica entre las placas calefactores del equipo.

A fin de tener datos de referencia que posibilite verificar los resultados que se determinen, se establecieron tanto la temperatura media como la diferencia de temperaturas entre placas calefactores, valores concordantes con los que se encuentran especificadas en el ASHRAE, Handbook of Fundamentals, Capítulo 25, Página 25.4, Tabla 3, Thermal Resistances of Plane Air Spaces. También se eligió un espesor de cámara de aire que figure en dicha tabla.

De la misma se adoptó una temperatura media de 10 °C y una diferencia de temperatura de 16,7 °C para un espesor de 4 cm de cámara de aire, para flujo de calor vertical y descendente. Los datos correspondientes se transcriben en la siguiente Tabla:

ϵ_{ef}	0,03	0,05	0,20	0,50	0,82
R_{ca}	1,10	0,99	0,56	0,30	0,20

Tabla 4: Resistencia térmica de cámara de aire en función de la emitancia efectiva según ASHRAE

Experimentalmente, se realizaron determinaciones bajo esas condiciones sobre dos ejemplos de cámara de aire con una cara reflectiva; un caso corresponde a una lámina de aluminio brillante y el otro caso, a un foil de aluminio sobre substrato de espuma de polietileno expandido de 5 mm. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 4, en la que se informa la diferencia de temperatura entre placas calefactores del equipo ΔT , la temperatura media de la cámara de aire T_m , el espesor de la misma, la resistencia térmica total R_T , la resistencia térmica de la cámara de aire R_{CA} y la emitancia efectiva ϵ_{EF} . En el primer caso, la R_T coincide con R_{CA} ya que la lámina de aluminio no aporta resistencia por conducción; en el segundo caso, la R_{CA} se obtiene restando de R_T la resistencia térmica del espesor del substrato (0,18 m².K/W) previamente determinada por haber medido su conductividad térmica con este mismo equipo medidor de flujo de calor y por conocer su espesor.

Muestra	ΔT °C	T_m °C	e_{CA} m	R_T m ² .K/W	R_{ca} m ² .K/W	ϵ_{EF}
Cámara de aire con foil de Aluminio en una cara	16,6	9,8	0,04	0,94	0,94	0,067
Cámara de aire con foil de Aluminio y substrato de espuma de polietileno expandido en una cara	16,7	9,9	0,04	0,48	0,31	0,49

Tabla 5: Resistencia térmica de cámara de aire con una cara reflectiva determinadas experimentalmente y la emitancia efectiva correspondiente

En la Tabla 5, Con los valores de R_{CA} determinados experimentalmente, se ingresó a la Tabla 4 y se halló la emitancia efectiva correspondiente mediante una interpolación lineal. Como la otra cara de la cámara de aire es la placa conductora del equipo, la emitancia de ésta puede estimarse en aproximadamente 0,82, por lo que se puede deducir que la emitancia de la cara reflectiva es de 0,068 para el primer caso y de 0,50 para el segundo.

Los mismos elementos fueron luego ensayados con el emisómetro, dando para la lámina de aluminio brillante una emitancia de 0,06 y para el foil de aluminio con substrato de espuma de polietileno expandido de 5 mm de espesor una emitancia corregida de 0,43. Esto permite concluir que la determinación indirecta de la emitancia realizada con el equipo medidor de flujo de calor, dan valores en exceso del 13 % para las láminas y del 16 % para foil de aluminio con substrato, respecto de las mediciones directas realizadas con el emisómetro.

CONCLUSIONES

El método empleado con la utilización de un material laminar de referencia, permite medir la emitancia de los productos comerciales de superficie reflectiva con substrato de baja conductividad térmica.

La validez del método está limitada para ser aplicada a aquellos substratos de espuma de polietileno expandido, cuya relación espesor sobre conductividad térmica (e/λ) es igual o menor a 0,15 m².K/W. Como consecuencia de esto, los substratos con espesor mayor que 5 mm, no se puede determinar correctamente su emitancia. Esto es debido a que se aleja la temperatura de la superficie de la muestra a la del disipador y no son válidas las simplificaciones efectuadas en las expresiones matemáticas.

Para los productos que tienen como substrato burbujas de aire encerradas por polietileno, la limitación del método está dada por el diámetro de las burbujas. Cuando poseen diámetro mayor a 10 mm, la determinación conduce a resultados erróneos. Si las cámaras de aire encerradas dentro de las burbujas son grandes, ocurre el mismo fenómeno que en el ejemplo anterior, en que la temperatura de la superficie de la muestra es diferente de la del disipador.

Las mediciones de resistencia térmica de cámara de aire con una cara reflectiva, infieren valores de emitancia efectiva que son mayores que los medidos directamente con el emisómetro. Esto puede deberse a que las cámaras de aire dentro del equipo medidor del flujo de calor, no son totalmente estancas como las que se definen en las tablas de ASHRAE.

REFERENCIAS

- ASTM C1371 - 04a Standard Test Method for Determination of Emittance of Materials Near Room Temperature Using Portable Emissometer
- DEVICES & SERVICES Co. Emissometer Model AE. Operating Instructions (2008)
- DEVICES & SERVICES Co. Technical Note 92-1. Emissometer Model AE: Hemispherical vs. Normal Emittance (1992)
- DEVICES & SERVICES Co. Technical Note 84-3. Measurements on low emittance materials with the Emissometer (1984)
- DEVICES & SERVICES Co. Technical Note 79-17. Emissivity measurements for in-place surfaces and for materials with low thermal conductivity. (1979)
- ASHRAE. Handbook of Fundamentals (2005)
- ASTM C518-10 Standard Test Method for Steady-State Thermal Transmission Properties by Means of the Heat Flow Meter Apparatus (2010)

ABSTRACT: A method for measuring emittance of reflective films is presented here. These films are used to enhance thermal resistance of air spaces in roofs when they are exposed to conditions of high temperature and solar radiation. This work develops a measurement method for emittance of commercial products with low thermal conductivity substrates. So, a comparative measurement technique using a film material as reference had to be developed. It consisted of measuring emittance over a) the reference film material, b) the reference film material over the commercial product, and c) the commercial product. Also, thermal resistance of air spaces with a reflective surface has been obtained with a measurement instrument for heat transfer properties, and effective emittance has been indirectly determined in order to compare it with a priori determined emittance of reflective surface.

Keywords: reflective materials, emittance, emissometer