

## MEDICION DE VARIABLES ESPECTRALES EN ELEMENTOS VIDRIADOS

Vicente Leonardo Volantino, Edgar Jorge Cornejo Siles

División Habitabilidad Higrotérmica, CECON, INTI  
Casilla de correo 157 (1650) San Martín Prov. Buenos Aires ARGENTINA  
Fax: 753-5784 - Email : INTI@SPI-CIS.COM

### RESUMEN

Se presentan las primeras mediciones realizadas de la transmitancia y reflectancia espectral sobre una decena de muestras de vidrio. Para ello, se utilizó un espectrofotómetro de doble haz, con esfera integradora, cuyo rango de medición espectral comprende el ultravioleta, el visible y el infrarrojo cercano (UV - Vis - NIR).

Se da una breve descripción del principio de funcionamiento y de la operación del equipo mencionado, como así también, el procedimiento utilizado en el método de medición.

En las referencias, se enumeran las normas internacionales relacionadas con el tema, que suministran los fundamentos necesarios en las que se basan las mediciones de este trabajo.

### INTRODUCCION:

Es por todos conocido el auge que están tomando el uso de las fachadas integrales, ventanas y techos vidriados y las combinaciones que se pueden llevar a cabo entre ellos, donde el objetivo es obtener un alto rendimiento mediante la utilización de distintos tipos de vidrios y las alternativas de sistemas vidriados compuestos. En todos los casos siempre es importante considerar la transparencia del elemento resultante y mejorar la parte de energía incidente que es rechazada para poder minimizar la potencia de acondicionamiento puesta en juego. Es decir tener un Coeficiente de Sombra y un valor de Transmitancia Térmica aceptables para la localidad que se esté considerando.

Para efectuar los cálculos correspondientes, es necesario en primer lugar, medir las variables espectrales (transmitancia y reflectancia) de un cuerpo no opaco [ 1 ], con lo cual se hace indispensable contar con un equipo adecuado que realice dichas mediciones. Tal equipo es un espectrofotómetro de doble haz, con esfera integradora, que cubra el rango UV - Vis - NIR ( 240 - 2600 nm ) y construido según Norma ISO 9002.

Luego, se obtienen analíticamente la transmitancia y la reflectancia a la radiación solar, de acuerdo con las expresiones dadas en [ 2 ]:

$$\tau_{\lambda} = \sum_{\lambda_i}^{\lambda_f} E_{\lambda} \times \Delta\lambda \times \tau(\lambda) \quad (1)$$

$$\rho_{\lambda} = \sum_{\lambda_i}^{\lambda_f} E_{\lambda} \times \Delta\lambda \times \rho(\lambda) \quad (2)$$

donde,  $E_{\lambda}$  es la distribución espectral estándar de la radiación solar directa relativa. El producto  $E_{\lambda} \cdot \Delta\lambda$  está tabulado en la normativa específica [ 2 ], [ 3 ]. Por otra parte,  $\lambda_i$  y  $\lambda_f$ , corresponden a los valores de longitud inicial (340 nm) y final (2500 nm.) del espectro.

La absorbancia a la radiación solar se halla según la siguiente relación:

$$\alpha_{\lambda} = 1 - \tau_{\lambda} - \rho_{\lambda} \quad (3)$$

Para obtener la transmitancia y la reflectancia a la radiación visible, se procede en forma análoga a partir de las mediciones de las variables espectrales en el rango pertinente ( 380 - 760 nm) y aplicando las fórmulas matemáticas descritas en la normativa [ 2 ], [ 4 ].

### PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO:

Un esquema del sistema óptico del espectrofotómetro [ 5 ] se muestra en la figura 1. El monocromador es de doble construcción con 6 retículas (gratings), tres en el primer o premonocromador, y tres en el segundo o monocromador principal. Estos proveen una adecuada energía sobre un amplio rango de longitudes de onda desde 190 hasta 3200 nm., para realizar distintas clases de mediciones.

El haz emitido desde la lámpara (Deuterio o Halógena), es enfocada por un cambio de posición del espejo M1, el que pasa a través del montaje de filtro F y forma una imagen a la entrada de la ranura S1 (Slit), con un ancho y una altura fijadas.

El encendido de la lámpara es totalmente automático, y depende de la longitud de onda de trabajo. La lámpara de Deuterio opera desde 190 nm. hasta el cambio de lámpara y desde esta posición hasta 3200 nm. opera la lámpara de Tungsteno. El cambio de lámpara se puede fijar arbitrariamente entre 282 y 293 nm.

El cambio de la posición del espejo M1, también es totalmente automático, tomando un ángulo de máxima sensibilidad siempre que la llave de encendido esté activada.

La posición del filtro F es intermitentemente insertada por medio de un motor paso a paso.

### Nota Técnica

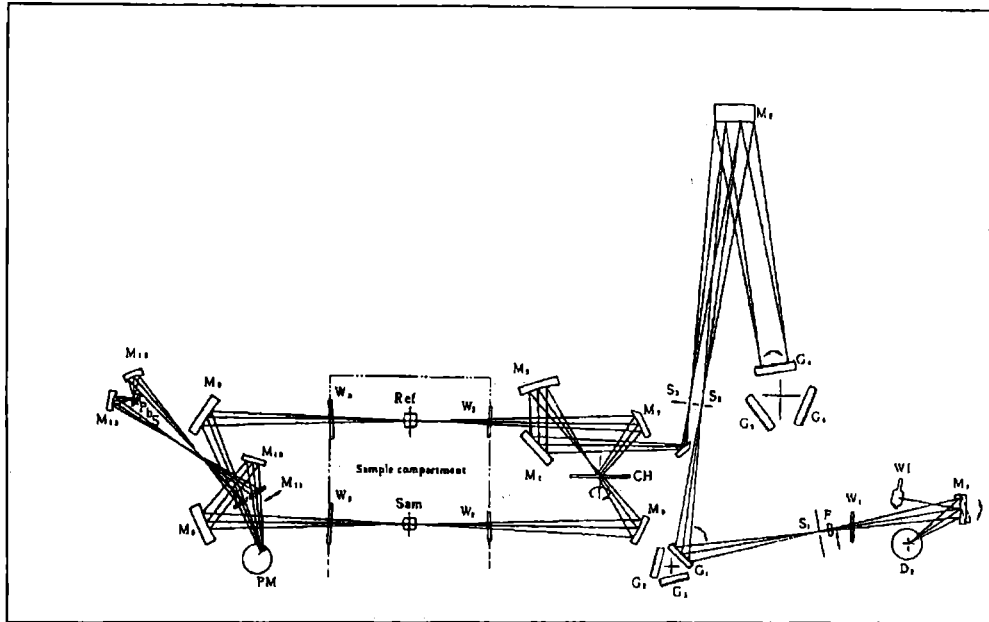


Figura 1. Esquema óptico

El haz incide sobre la retícula del primer monocromador pasa por S2, luego incide sobre un espejo M2, siguiendo su trayectoria hacia el monocromador principal, y regresa hacia el espejo M2 y pasa por otra ranura, estando ; tanto S2 como S3 fijadas en 12 aberturas distintas (desde 0.1 hasta 30nm.).

Posteriormente el haz se refleja sobre otros espejos M3, M4 y M5, para pasar por un espejo muestrador (CH), que alternativamente toma dos caminos diferentes, siendo uno el de la referencia y el otro el de trabajo. Luego, los mismos inciden sobre otros espejos más que orientan los haces hacia las celdas de PbS, ubicadas en la esfera integradora. Los haces que inciden en el fotomultiplicador se transforma en una señal eléctrica que son enviadas a un amplificador, para su procesamiento electrónico.

#### OPERACION DEL EQUIPO:

Este equipo viene provisto de una computadora. Cuando se enciende el sistema, el mismo tiene una rutina de inicialización, que prueba los distintos componentes integrantes (Parámetros, ROM, RAM, Filtros, Ranuras, Monocromadores, Lámparas, etc.).

Cada uno de ellos, está representado en la pantalla y se indica el estado en que se encuentra: bueno ó malo. Si todo está en correctas condiciones, entonces se puede comenzar con las mediciones de transmitancia , reflectancia la absorbancia se calcula.

Previamente se fijan ciertos parámetros como : Rango de medición, intervalo de medición (en nm.), velocidad de barrido, abertura de la ranura e intervalo de muestreo.

Luego se fijan las longitudes de onda en que se debe cambiar tanto la fuente de iluminación como el detector y se determina la técnica de medición (normal o inversa), que para nuestro caso se utilizó el modo inverso.

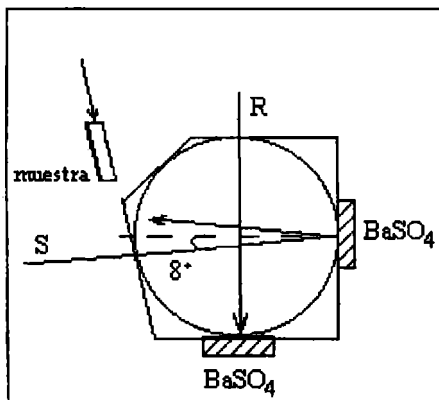


Figura 2. Medición de Transmitancia Espectral

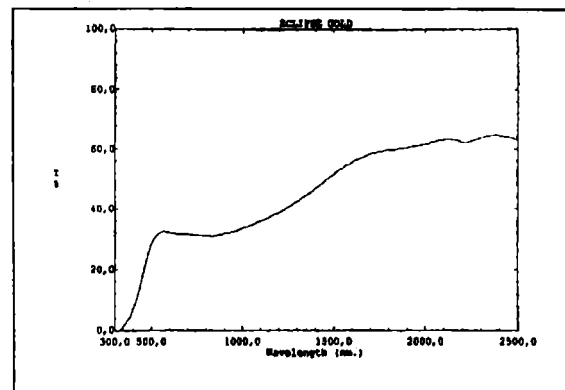


Figura 3 Curva espectral de transmitancia

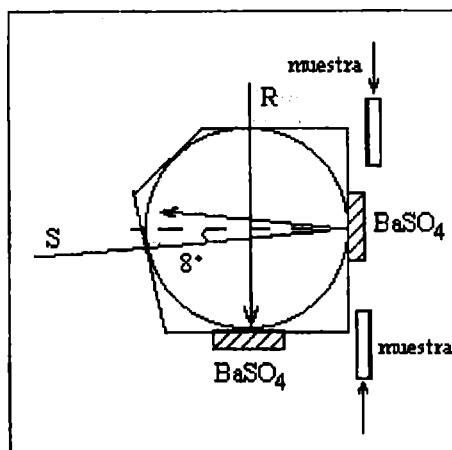


Figura 4 Medición de Reflectancia Espectral

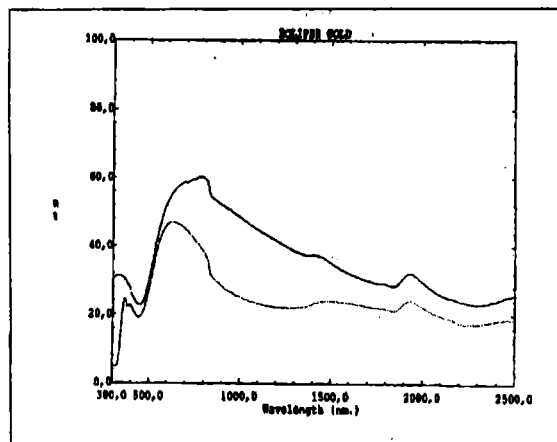


Figura 5 Curva espectral de reflectancia

## MEDICIONES

Definido el intervalo de medición, que por ejemplo puede ser el UV (260-400nm.), se procedió a efectuar :

1. - Ajustar las mediciones a un nivel de referencia, mediante una línea de base provisto por el programa de operación, (sin que se encuentre la muestra bajo medición) es decir los dos caminos ópticos libres de obstáculo.
2. - Fijar dichas mediciones al nivel de 100%, con el Autozero existente en el programa.
3. - Se coloca la muestra en el portacelda correspondiente. Ver figura 2.
4. - Se da comienzo al barrido del espectro seleccionado, generándose una curva de Transmitancia espectral.
5. - Se retira la muestra y se la ubica en el portacelda correspondiente, con el objeto de realizar la medición de Reflectancia espectral. En este caso se dispone a la muestra de dos maneras opuestas, para poder determinar las características sobre ambas caras, frontal y posterior (caras 1 y 2 de la muestra respectivamente). Ver figura 4.
6. - Se inicia el barrido correspondiente, para generar las curvas de Reflectancia espectral.

Los valores de longitud de onda fueron medidos con una resolución de 0,1 nm.

Para cualquier otro rango del espectro visible o infrarrojo, el procedimiento que se sigue es el mismo. Se puede visualizar la respuesta de la totalidad del espectro, tanto la Transmitancia (ver figura 3), como la Reflectancia (ver figura 5).

El resultado de las mediciones se pueden observar en la tabla 1, en la misma se enumeran los diferentes tipos de vidrio utilizados con el objeto de presentar las características espectrales de los mismos.

Tabla 1

Coef. Espectral	Zona Espectral	Float Incoloro	Float Bronce	Float Gris	Float Verde	Super grey	Cristazul	Piroplata Azul	Eclipse Bronce	Eclipse Blue Green	Eclipse Gold
$\tau$	UV	0,448	0,152	0,167	0,216	0,022	0,248	0,042	0,044	0,054	0,021
$\rho_1$	UV	0,058	0,044	0,045	0,048	0,043	0,048	0,105	0,087	0,124	0,152
$\rho_2$	UV	0,058	0,044	0,045	0,048	0,043	0,048	0,341	0,244	0,290	0,302
$\tau$	VIS	0,855	0,490	0,401	0,672	0,091	0,552	0,196	0,229	0,293	0,268
$\rho_1$	VIS	0,076	0,051	0,047	0,062	0,042	0,056	0,201	0,167	0,292	0,354
$\rho_2$	VIS	0,076	0,051	0,047	0,062	0,042	0,056	0,478	0,414	0,431	0,412
$\tau$	NIR	0,717	0,515	0,520	0,342	0,132	0,404	0,347	0,474	0,358	0,504
$\rho_1$	NIR	0,065	0,054	0,053	0,047	0,044	0,050	0,079	0,081	0,064	0,234
$\rho_2$	NIR	0,065	0,054	0,053	0,047	0,044	0,050	0,189	0,150	0,147	0,360

## CONCLUSIONES

Los valores obtenidos de las mediciones de las distintas muestras, se compararon con las correspondientes efectuadas en el laboratorio de origen (UK), habiéndose encontrado una dispersión de 5 %.

Con la disponibilidad de este equipo se pueden medir las características espectrales y calcular las correspondientes a la radiación solar, utilizadas para determinar la transmitancia térmica, el factor de sombra, la energía total ingresante, etc., a través de un elemento vidriado.

## Nota Técnica

Esta información es importante en la performance de todos aquellos sistemas de energía solar, abarcando desde los sistemas pasivos en edificios hasta los que tienen sistemas de climatización central.

En definitiva, las propiedades a la radiación solar de un elemento vidriado, interesa para definir la energía necesaria de los equipos de climatización a instalar, o simplemente para ajustar las condiciones de confort térmico y lumínico de un ambiente.

#### **AGRADECIMIENTOS**

Se quiere dejar expresado el agradecimiento a la firma VASA - SANTA LUCIA CRISTAL, que proveyó los materiales sobre los que se hicieron las mediciones.

#### **REFERENCIAS**

- [1] ASTM E 903. Test Method for Solar Absorptance, Reflectance and Transmittance of materials using Integrating Spheres.
- [2] JIS R 3106. Testing Method on Transmittance and Reflectance for Daylight and Solar Radiation and Solar Heat Gain Coefficient of Flat Glass (1985).
- [3] ASTM E 891. Standard Tables for Terrestrial Direct Normal Solar Irradiance for air mass 1,5.
- [4] ASTM E 971. Standard Practice for Calculation of Photometric Transmittance and Reflectance of materials to Solar Radiation (1988).
- [5] Shimadzu. Application Note of UV-3101 PC.