

# MODELO TERMICO EXPERIMENTAL DE UNA MEZCLA DE YESO CON ESTEARATO DE BUTILO COMO MATERIAL DE CAMBIO DE FASE

G. Plaza\*, A. Boucfiguez y L. Saravia\*\*

INENCO#, Universidad Nacional de Salta  
Buenos Aires 177, 4400 Salta

## RESUMEN

El presente trabajo discute los resultados iniciales de un estudio experimental del comportamiento térmico del estearato de butilo, como material de cambio de fase incorporado a la construcción y presenta un modelo de cálculo de distribución de temperaturas en la muestra a ser utilizado para el análisis de los resultados experimentales.

## INTRODUCCION

En un trabajo anterior (1) se planteó la posibilidad de incorporar és teres de ácidos grasos orgánicos, como materiales de acumulación de e nergía por cambio de fase a los materiales de construcción, discutién dose la medida de los parámetros físicos relacionados con este tipo de uso.

Con el fin de determinar el comportamiento real de las sustancias ele gidas y detectar problemas potenciales, resulta importante realizar ensayos de los mismos en condiciones similares a las de uso en una pa red. Por tanto, se ha diseñado un aparato que analiza el proceso de a cumulación en una geometría similar a la de un recubrimiento de pared. En este trabajo se describe el diseño del mismo y se dan algunos re- sultados iniciales.

Como material de uso potencial se eligió el estearato de butilo, que al tener un punto de fusión próximo a 20 C, permite acumular energía, en un rango de temperatura útil tanto para acondicionamiento térmico de verano como de invierno.

En las secciones que siguen se describe el dispositivo experimental y se dan algunos resultados iniciales. También se discute un modelo com putacional del funcionamiento del mismo, que permite un mejor análisis de los resultados.

## DISPOSITIVO EXPERIMENTAL

El dispositivo experimental que se muestra en la figura 1, está con- struido por dos recipientes de acero inoxidable de 50 x 50 x 3 cm ter- mostatizados, que simulan medios ambientes exterior e interior de la pared y contactan superficialmente con la muestra en estudio.

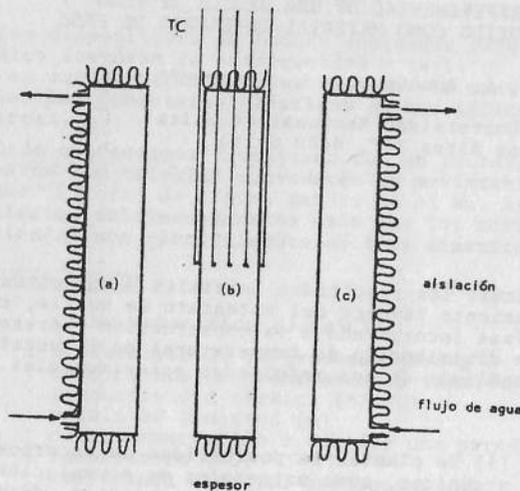
En ambos recipientes se hace circular agua desde dos termostatos de precisión, uno de ellos a temperatura  $T_a$  próxima a 1°C lograda por u na punta fría, mientras que en el otro el agua está a temperatura  $T_b$  igual a 25, 40 ó 60°C según sea el caso. El sistema se encuentra to- talmente aislado del medio

\* Profesional del CONICET

\*\* Investigador del CONICET

# Instituto UNSa.-CONICET

Fig. 1 - ESQUEMA DEL EQUIPO EXPERIMENTAL



- (a) tanque termostático a temperatura fría
- (b) medio de acumulación de energía térmica (mezcla homogénea de yeso y estearato de butilo)
- (c) tanque termostático a una temperatura determinada.

Inicialmente toda la muestra se mantiene a temperatura uniforme, próxima a  $T_a$  haciendo circular agua a esta temperatura en los dos recipientes. Esto asegura que todo el estearato esté por debajo del punto de fusión, lo que resulta importante en verano, cuando la temperatura ambiente está por encima de la temperatura de fusión ( $20^\circ\text{C}$ ).

Al iniciar la experiencia se pone una cara en contacto con la fuente a la temperatura  $T_b$ , mientras que la otra se mantiene a  $T_a$ . Termocuplas de cobre-constantán colocadas a lo largo de su espesor miden las temperaturas en distintos puntos, lo que luego permitirá evaluar térmicamente la muestra.

#### Método de cálculo

Paralelamente al estudio experimental se ha desarrollado un modelo computacional que permite el cálculo de la distribución de temperaturas en la muestra utilizando el método de diferencias finitas en forma explícita, pudiéndose calcular también implícitamente (2).

La ecuación involucrada es la de transferencia de calor en régimen no estacionario.

$$\frac{\partial T(x,t)}{\partial t} = a \frac{\partial^2 T(x,t)}{\partial x^2}$$

donde  $a$  = difusividad térmica del material sólido o líquido según la fase en que se encuentre.

Sujeta a las condiciones iniciales (temperaturas en  $t=0$ ) y de borde (temperaturas de la muestra en ambos lados).

Además en el cambio de fase se debe considerar las condiciones interfacial líquida-sólido.

$$T(z,t) = T'(z,t) = T_f$$

$$y \quad k_s \frac{\partial T'(z,t)}{\partial x} - k_L \frac{\partial T'(z,t)}{\partial x} = \rho L_f \frac{dz}{dt} (t)$$

donde  $T(x,t)$ ,  $T'(x,t)$  = distribución de temperatura en la fase sólida y líquida respectivamente;  $T_f$  = temperatura de fusión,  $K_s$  y  $K_L$  = conductividad térmica de la fase sólida y líquida

$T_f$  = temperatura de fusión

$\rho$  = densidad del material -del éster-

$L_f$  = calor latente del éster

$\frac{dz}{dt}$  = velocidad de propagación del frente de fusión

Estas ecuaciones deben ser discretizadas para emplear el método de diferencias finitas y conocidos los parámetros térmicos de las distintas muestras, llevar a cabo el cálculo de la distribución de temperaturas en la fase sólida, de donde puede determinarse el espacio y el tiempo para el cual comienza la fusión. Supuesta la velocidad de avance del frente de fusión recalcular las temperaturas considerando el calor latente y por sucesivas iteraciones se determinará finalmente la velocidad real de propagación de dicho frente.

En esta primera etapa se ha analizado el modelo en la fase sólida determinándose, a partir de los datos experimentales la difusividad térmica de las muestras ya que ésta no puede calcularse por un promedio ponderado de sus componentes.

Se calculó la distribución de temperatura en la muestra sólida, viéndose que simulan con buena aproximación los resultados experimentales.

#### RESULTADOS EXPERIMENTALES

Las muestras ensayadas tienen distintos espesores y porcentajes de estearato de butilo, tal como se muestra en la tabla I, así también en la misma se detalla la  $T_b$  de la fuente caliente.

Con el fin de ensayar el funcionamiento del equipo se experimentó una muestra de yeso de propiedades conocidas. La distribución de temperaturas y gradientes térmicos obtenidos se muestran en fig. 2.

Utilizando los resultados experimentales con  $T_a = 25^\circ\text{C}$  y empleando el modelo computacional para sólido se determinó la difusividad térmica de la mezclas utilizadas, tal como se muestra en tabla II.

Los perfiles térmicos obtenidos experimentalmente para las muestras de yeso y cemento con y sin el agregado de estearato se muestran en las figuras 2, 4 y 5.

#### DISCUSION

Después de haber ajustado algunos detalles de carácter experimental, el dispositivo presentado en este trabajo permite obtener buenas curvas de calentamiento de muestras similares a las usadas para revestimiento de paredes, como se aprecia en los resultados experimentales para el yeso, dados en la fig. 2 y su comparación con los resultados simulados mostrados en la fig. 3.

La evaluación de las constantes difusivas, dadas en la tabla II, muestra alguna dispersión aparente que se está analizando al presente, debiéndose a la variación en la composición de la muestra. Resulta importante la determinación de estos parámetros ya que ellos fijan velocidad con la cual se podrá sacar calor de la pared y en definitiva li

Y00C25  
 PERFILES TERMICOS: T(C) vs. tiempo (min)  
 espaciamento de termocupias: 0-0.99-1.63-2.71-4.00 (cm)  
 25

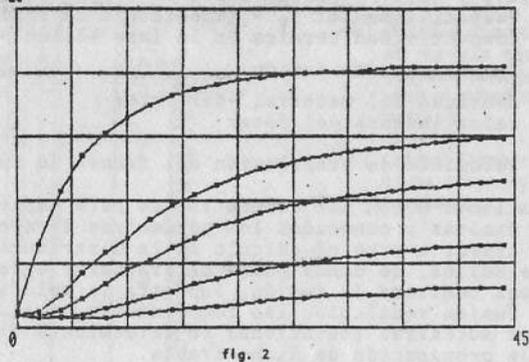


fig. 2

000C25  
 PERFILES TERMICOS: T(C) vs. tiempo (min)  
 Simulacion: espaciamento de termocupias: 0-1-2-3-4 (cm)  
 25

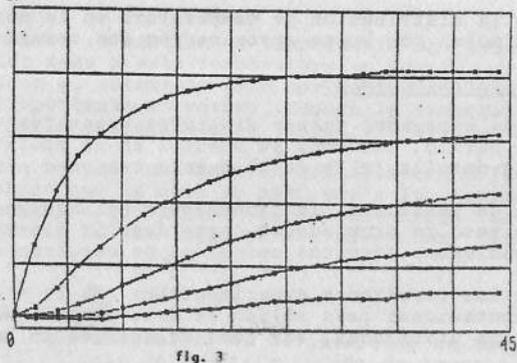


fig. 3

mitan el posible espesor del material a usar.

Las muestras con estearato, cuyas curvas se muestran en este trabajo, tienen un contenido relativamente bajo del mismo, por lo que no se aprecia el efecto cualitativo del cambio de fase en las mismas.

En las próximas experiencias a realizar se buscará el intervalo de concentraciones posibles para hacer más evidente tal efecto.

Se está estudiando la existencia de posibles migraciones de estearato dentro del muro con el ciclaje. Los primeros análisis, realizados con infrarrojo, fig. 6 no muestran corrimientos de entidad. Se está poniendo a punto un método desde el punto de vista cuantitativo para tener mayor precisión en los resultados.

Y00C40  
 PERFILES TERMICOS: T(C) vs. tiempo (min)  
 espaciamento de termocupias: 0-0.99-1.63-2.71-4.00 (cm)  
 35

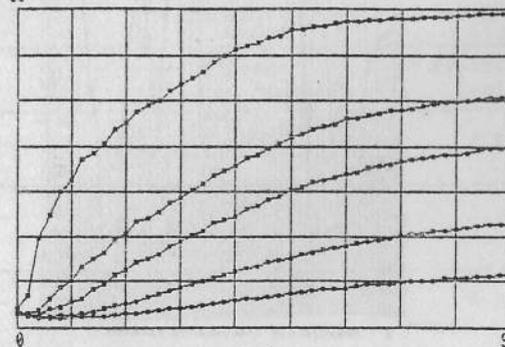


fig. 4

Y15S40  
 PERFILES TERMICOS: T(C) vs. tiempo (min)  
 Espaciamento de termocupias: 0-0.694-1.208-1.912-2.416-3.02 (cm)  
 35

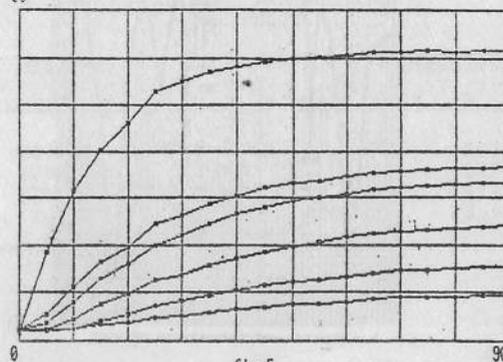
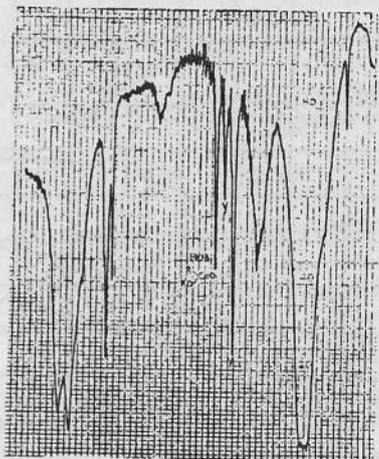
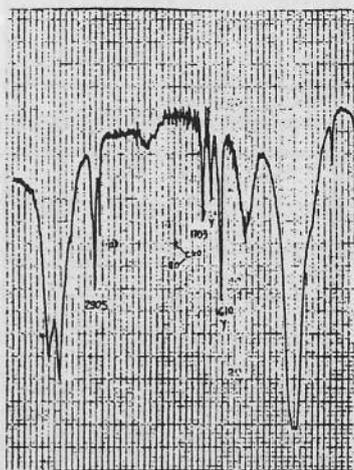


fig. 5

Fig. 6 - ANALISIS POR INFRARROJO



a - Muestra sin tratamiento térmico



b - Muestra con tratamiento térmico

R  
OR V C = 0 :estearato Y = Yeso Expansión Q25 Pastilla  
en KBr

REFERENCIAS

- 1.- G. Plaza y L. Saravia, Estudio y Caracterización de Materiales de Cambio de Fase de origen Orgánico. XI Reunión de ASADES, San Luis setiembre de 1986.
- 2.- D. Gobin, D. Levesque y C. Bernard, Solar Energy Storage: Numerical Study of the Radiation and Conduction Energy Transfer through a twophase material.

TABLA I

Nombre de la muestra	Descripción	Espesor (cm)	T <sub>b</sub> °C
Y00S25 Y00S40	Yeso sin cemento ni estearato	2.90	25 40
Y15S25 Y15S40	Yeso sin cemento y 15% estearato	3.02	25 40
Y00C25 Y00C40	Yeso con cemento sin estearato	4 cm	25 40
Y20C25 Y20C40	Yeso con cemento y 20% estearato	3.05	25 40

TABLA II

Muestra	Difusividad 10 <sup>-7</sup> m <sup>2</sup> /seg
Y00S25	2.5
Y00C25	2.74
Y15S25	1.35
Y20C25	2.14