

COMPORTAMIENTO TERMICO DE SUSTANCIAS DE CAMBIO DE FASE CON FRENTE DE FUSION INICIAL

R. Lozano¹, A. Boucíguez¹, M. A. Lara², J. González¹

¹Facultad de Ciencias Exactas. Universidad Nacional de Salta. Av. Bolivia 5150 – Salta, Argentina.
 Tel 0387 –4255424. e-mail: lozanor@unsa.edu.ar, bouciga@unsa.edu.ar, gonzalezj@unsa.edu.ar

²Instituto de Física Rosario (IFIR – UNR – CONICET) Facultad de Ciencias Agrarias. (UNR). Av. Pellegrini 250, Rosario.
 Tel. 0341-495467 int. 33, – Fax 0261-4287370 – e-mail: mlara@ifir.edu.ar

RESUMEN: Se analiza el comportamiento de sustancias orgánicas de cambio de fase cuando existe un frente de fusión inicial a una distancia del borde que está en contacto con una fuente térmica a temperatura constante. El resto de la sustancia se encuentra sólida a la temperatura de fusión. Los resultados muestran que bajo estas condiciones cuando la sustancia comienza el proceso de fusión, aparece un período de transición en que la distribución de temperaturas desde el borde hasta la posición de la interfase no es lineal, cuya duración depende de la distribución inicial y de la condición impuesta en dicho borde. Al cabo de un cierto tiempo, esta distribución se hace lineal al igual que ocurre cuando la posición de la interfase se encuentra inicialmente en el borde en contacto con la fuente térmica, existiendo un corrimiento en la posición de la interfase líquido – sólido respecto a ésta última situación.

Palabras claves: cambio de fase, frente de fusión, fuente térmica, interfase.

INTRODUCCION

En trabajos anteriores se ha planteado la utilización de sustancias orgánicas que presentan cambio de fase a temperatura cercana a la ambiente como acondicionadoras de productos agrícolas durante su transporte o almacenamiento para su posterior distribución (Lozano y Boucíguez, 2004; Boucíguez et al., 2006). En tales situaciones, la sustancia se encontraba al inicio del proceso, totalmente sólida a la temperatura de fusión.

Para lograr un buen acondicionamiento térmico con tales sustancias, deben cumplirse ciertos requisitos, además de presentar fusión a temperaturas cercanas a la óptima de conservación del producto que se desea acondicionar, no deben ser tóxicas, ni corrosivas, ni inflamables y ser químicamente estables. Además, deben tener un calor específico y un calor latente de fusión altos, para aprovechar la transferencia de calor tanto en forma sensible como latente. Asimismo, como están envasadas en recipientes adosados al recinto a acondicionar, los volúmenes específicos de líquido y sólido deben ser similares.

Cabe señalar, que las sustancias inorgánicas, también podrían utilizarse, sin embargo, las orgánicas resultan más adecuadas pues no presentan problemas de sub-enfriamiento y soportan mayor cantidad de ciclos de fusión – solidificación, sin sufrir cambios relevantes en sus parámetros térmicos (Hamdan y Elwerr, 1996; Hasan y Saying, 1994; Lock, 1991; Sari y Kaygusuz, 2001; Tunçbilek et al., 2005).

En este trabajo se plantea también, la utilización de tales sustancias como moderadoras de temperatura en recintos destinados al almacenamiento y transporte de productos agrícolas, pero en este caso la sustancia de cambio de fase, presenta inicialmente una fase líquida con una distribución de temperatura en ella, estando la posición de la interfase líquido – sólido, (representada con la letra “s”) a una determinada distancia del borde de la pared que será expuesta a la condición de temperatura externa. Esta interfase se ha señalado con $s(0)=b$, a partir de ese punto la sustancia se encuentra sólida a la temperatura de fusión. Esta situación es más general que aquella en que la posición inicial de la interfase es $s(0)=0$. Un esquema tal situación se presenta en la Figura 1, donde se muestra la sustancia almacenada y la posición inicial de la interfase.

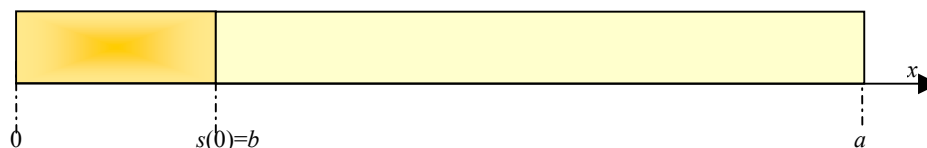


Figura 1: Esquema de la posición inicial del sólido y la posición de la interfase.

Esta situación es perfectamente factible en la aplicación práctica analizada, pues si bien puede iniciarse el proceso de acondicionamiento con sustancia sólida a la temperatura de fusión, al ser utilizada en un nuevo ciclo de acondicionamiento y aunque haya sido enfriada durante un cierto tiempo, puede no haber alcanzado completamente el estado sólido en todo su

interior, quedando con una determinada distribución de temperatura. Conocida esta distribución inicial, se analiza el comportamiento de la sustancia cuando se encuentra en contacto con una fuente térmica a temperatura conocida.

Debe evaluarse la distribución de temperaturas en la sustancia de cambio de fase en función del tiempo y la posición de la interfase, que varía en el tiempo, siendo entonces una incógnita adicional del problema, ésta constituye un límite que se mueve en el tiempo sin una ley conocida a priori. Esta tipo de frontera recibe el nombre de libre, para distinguirla de aquella que aún siendo móvil se desplaza según una ley conocida (Alexiades y Solomon, 1993), y el problema en conjunto recibe el nombre de Stefan a una fase, dado que existe un gradiente de temperatura sólo en la fase líquida, manteniéndose la sólida a la temperatura de fusión.

En este caso se han estudiado dos situaciones perfectamente factibles en la práctica: una corresponde a una parábola que desde $x=0$ hasta $x=b$, presenta un máximo de 20°C en el centro de este intervalo y cero en los extremos; la otra es una distribución lineal de temperaturas desde 20°C en $x=0$ hasta anularse en $x=b$. La primera corresponde a un enfriamiento desde el borde que no ha sido suficiente para solidificar completamente el material de cambio de fase, mientras que la segunda representa la situación en que la sustancia se utilice luego de haber estado almacenada y se la coloca directamente en contacto con el producto agrícola, presentado una distribución de temperatura desde el borde expuesto al exterior.

Las dimensiones del recipiente que contiene la sustancia no deben ser grandes para no restar espacio de almacenamiento al producto por lo que un ancho de la pared no debe superar los 20 cm, siendo las restantes dimensiones (alto y largo) significativamente más grandes que ésta. En estas condiciones no se presentan efectos convectivos o éstos son muy débiles, por lo que el problema puede tratarse como conductivo y unidimensional, tal como lo expresan diversos autores (Bettencourt et al, 1981; Alexiades y Solomon, 1993; Zerroukat y Chatwin, 1994; Lock, 1996; Hamdan y Al-Hinti, 2004).

FORMULACION MATEMATICA DEL PROBLEMA Y MODELO DE CALCULO

El problema a resolver es el de Stefan a una fase, las ecuaciones involucradas son la de transferencia de calor en el líquido y el balance de energía en la interfase, denominada precisamente ecuación de Stefan, sujetas a las correspondientes condiciones iniciales y de contorno que describen la situación particular (Alexiades y Solomon, 1993). Designando con $T(x,t)$ a la temperatura, función de la posición x y el tiempo t y con T_f a la temperatura de fusión, la diferencia entre ellas es la función $u(x,t) = T(x,t) - T_f$. La temperatura T_0 es la condición de borde impuesta en $x=0$ y $s(t)$ la posición de la interfase como función del tiempo, la que en $t=0$ se encuentra en la posición $x=b > 0$. Los parámetros físicos del material de cambio de fase son: ρ la densidad, k la conductividad térmica, c el calor específico, L el calor latente de fusión y $\alpha = k/(\rho c)$ la difusividad térmica. El problema resulta descrito por las ecuaciones (1) a (6), siendo τ el tiempo total de cálculo.

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \alpha \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} \quad 0 < t < \tau, \quad 0 < x < s(t) \quad (1)$$

$$\rho L \frac{ds(t)}{dt} = -k \frac{\partial u(x = s(t)^-)}{\partial x} \quad \forall t > 0 \quad (2)$$

$$u(s(t), t) = 0 \quad \forall t > 0 \quad (3)$$

$$u(x, 0) = \begin{cases} u(x) & 0 \leq x \leq b \\ 0 & x > b \end{cases} \quad (4)$$

$$s(0) = b \quad (5)$$

$$T(0, t) = T_0 > T_f \quad \Rightarrow \quad u(0, t) = T(0, t) - T_f = u_0 > 0 \quad (6)$$

La ecuación (1) es la de difusión en la fase líquida, que determina la distribución de temperatura en ella. El sólido se mantiene a la temperatura de fusión por lo que no es necesario establecer ecuación alguna en tal región. La ecuación (2) es la de Stefan, que da el balance de energía en la interfase. Las ecuaciones (3) - (6) son las condiciones borde e iniciales.

A los efectos del cálculo se han tomado los valores de las propiedades térmicas, de grasas orgánicas monosaturadas comerciales, de fácil adquisición en el mercado local, medidas en laboratorio: $\rho=914.5 \text{ kg/m}^3$; $k=0.76 \text{ W/m}^2 \text{ K}$; $L=140\text{kJ/kg}$ y $c=6950 \text{ J/Kg K}$. El valor de b se ha tomado en 100mm.

Se ha analizado para las funciones que se presentan en la Tabla 1 y que corresponden respectivamente a una parábola y una recta; obsérvese que necesariamente estas funciones deben anularse en $x=b$, puesto que allí se encuentra la interfase. La temperatura en el borde fijo se ha tomado en tres valores distintos: 10, 20 y 30°C . Estas condiciones permiten observar el

comportamiento de la sustancia de cambio de fase ~~reacciona~~ frente a una condición de temperatura impuesta en el borde que es menor, igual o mayor que la existente en la distribución inicial.

Distribución inicial de temperatura en $0 < x < b$	Comentario
$u(x) = -0.008x^2 + 0.8x$	Parábola de 20°C máximo
$u(x) = -0.2x + 20$	Recta de 20 a 0°C

Tabla 1: Distribución inicial de temperatura en la fase líquida.

El problema presentado no tiene solución analítica por lo que sólo puede resolverse numéricamente. Para ello las ecuaciones que lo describen deben ser discretizadas. El esquema numérico de resolución sigue los pasos planteados por Nochetto, (1984) que requiere para su implementación cierta regularidad en $s(t)$, en particular que sea creciente, situación que se verifica en la mayoría de los problemas de frontera libre y en éste en particular. El programa de computación para el algoritmo se ha realizado utilizando el lenguaje *Mathematica*.

La ecuación (2), que da el balance de energía en la interfase, es equivalente a la condición integral, dada por la ecuación (7)

$$\frac{s^2(t)}{2} = \frac{b^2}{2} - \frac{k}{\rho L} \int_0^t f(v) dv + \frac{c}{L} \int_0^{s(t)} z \cdot u(z, t) dz \quad (7)$$

Esta ecuación se discretiza mediante el método de diferencias finitas implícitas de la siguiente forma:

- El espacio $x_i = ih$, siendo i el índice de la variable x y h el intervalo espacial fijo.
- El tiempo $t_j = j\tau$, siendo j el índice de la variable t y τ el intervalo temporal fijo.
- El campo térmico $u(i, j) = u(x_i, t_j)$
- La posición de la frontera libre $s(j) = s(t_j)$

El cociente incremental de la derivada segunda, ecuación (1) aproxima esta derivada por la relación dada por la ecuación (8)

$$\frac{\partial^2 u(i, j)}{\partial x^2} = \frac{1}{h^2} [u(i-1, j) + u(i+1, j) - 2u(i, j)] \quad (8)$$

llamando $N(j)$ a la parte entera de $(s(j)/h)$, el problema consiste en hallar las $N(j)+1$ temperaturas $u(i, j+1)$ en el instante $(j+1)\tau$ y la posición de la frontera libre $s(j+1)$ en ese mismo instante, para $1 \leq i \leq [N(j) - 1]$, tales que, se verifique la ecuación (9), para puntos en el interior de la masa del líquido, mientras que en la proximidad de la frontera resulta aplicable la ecuación (10)

$$\frac{(u(i, j+1) - u(i, j))}{\tau} = \frac{\alpha}{h^2} [u(i-1, j+1) + u(i+1, j+1) - 2u(i, j+1)] \quad (9)$$

$$\frac{u[N(j), j+1] - u[N(j), j]}{\tau} = \left(\frac{2\alpha}{h} \right) \cdot \left(\frac{u[N(j)-1, j+1]}{s(j+1) - (N(j)-1)h} - \frac{u[N(j), j+1]}{s(j+1) - N(j)h} \right) \quad (10)$$

La ecuación (7) para la interfase, convenientemente discretizada se expresa en la ecuación (11)

$$s(j+1) = \left\{ b^2 + \frac{2c}{L} \left[\sum_{i=1}^{nd(j)-1} (ih)^2 \cdot u(ih, 0) - \sum_{i=1}^{nd(j)-1} (ih)^2 \cdot u(i, j+1) \right] + \frac{2k}{\rho L} \cdot u(0, (j+1)\tau) \cdot (j+1)\tau + \frac{1}{2} (s(j+1) - (nd(j)-1)h) \cdot u(nd(j), j+1) \cdot nd(j) \cdot h \right\}^{1/2} \quad (11)$$

Las ecuaciones (8) a (11) inducen un proceso iterativo que consiste en resolver el problema (8) – (10) a partir de un valor supuesto para $s(j+1)$ y recalculando $s(j+1)$ de (11), recomenzando el proceso con el nuevo valor de $s(j+1)$. La malla se modifica agregando un nodo si se verifica que $(N(j)+1)h < s(j+1)$. El intervalo temporal considerado para el cálculo es $d\tau=100\text{seg}$, mientras que el espacial es $dx=1\text{mm}$.

RESULTADOS OBTENIDOS

Por tratarse de un problema a una fase, se ha estudiado el problema semi – infinito, dado que si no lo es y el material de cambio de fase presenta una longitud finita se lo puede tratar como la superposición de dos problemas semi – infinitos, que provienen desde cada lateral (González, 2006).

En las Figuras 2 a 5, se presentan los resultados obtenidos para el caso en que la distribución inicial de temperaturas en el líquido es una parábola. En las Figuras 2 a 4 se muestran la distribución de temperaturas en función de la posición para intervalos de tiempo de 2, 4, 8, etc hasta 1024 dt. En todas ellas se han utilizado los mismos colores para cada tiempo.

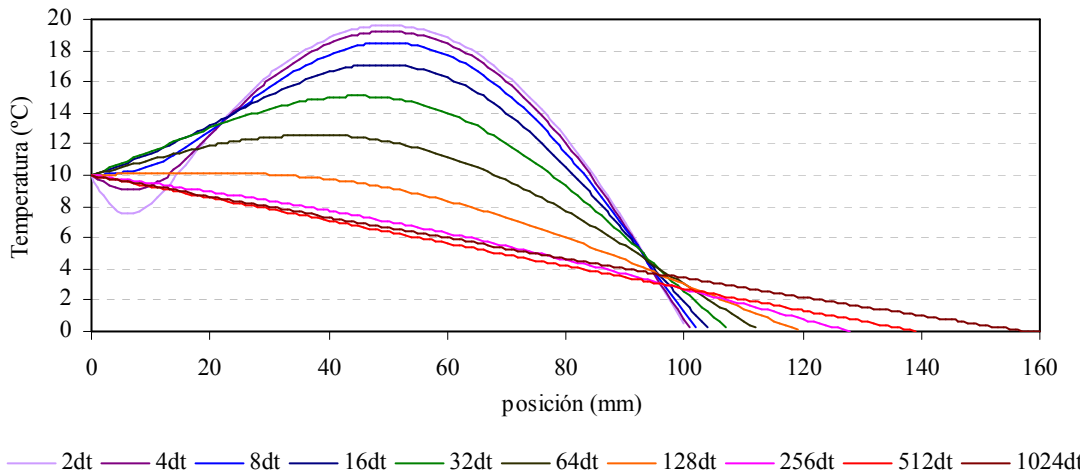


Figura 2: Temperatura en función de la posición para distintos tiempos, la temperatura en el borde fijo es de 10 °C

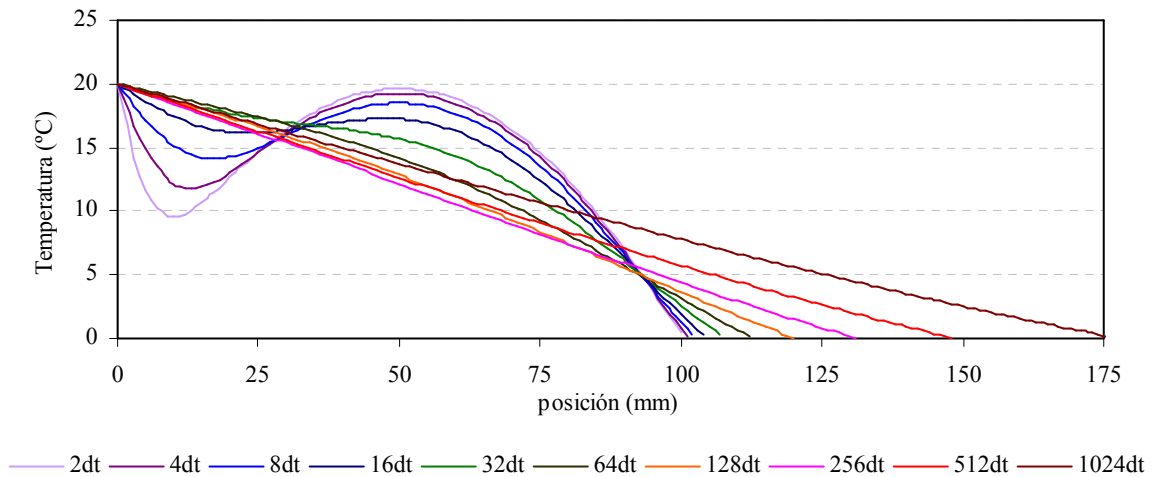


Figura 3: Temperatura en función de la posición para distintos tiempos, la temperatura en el borde fijo es de 20 °C

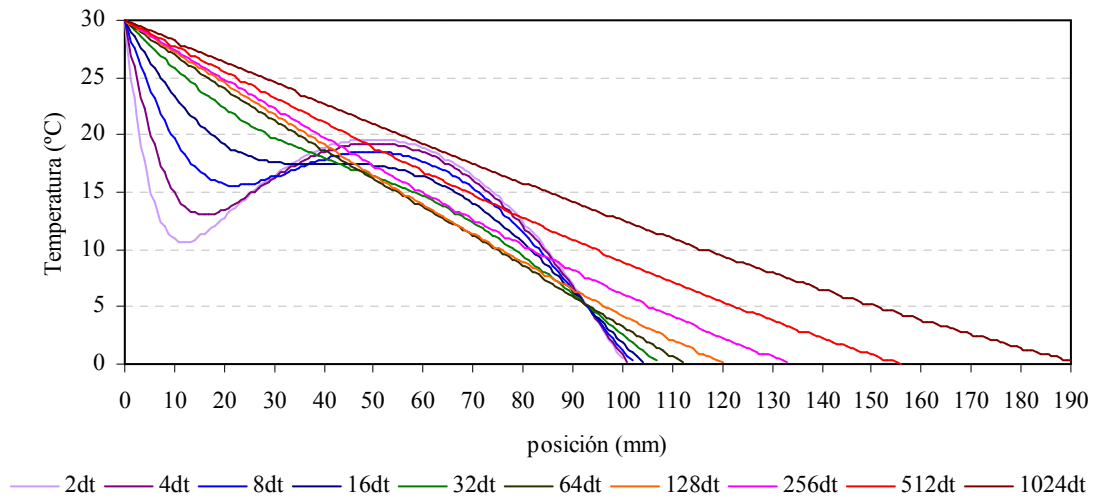


Figura 4: Temperatura en función de la posición para distintos tiempos, la temperatura en el borde fijo es de 30 °C

En la Figura 5, se presenta la posición de la interfase en función del tiempo y la evolución de temperatura en el punto $x=b=100$ mm, es decir aquel en el que inicialmente, se encontraba la frontera libre.

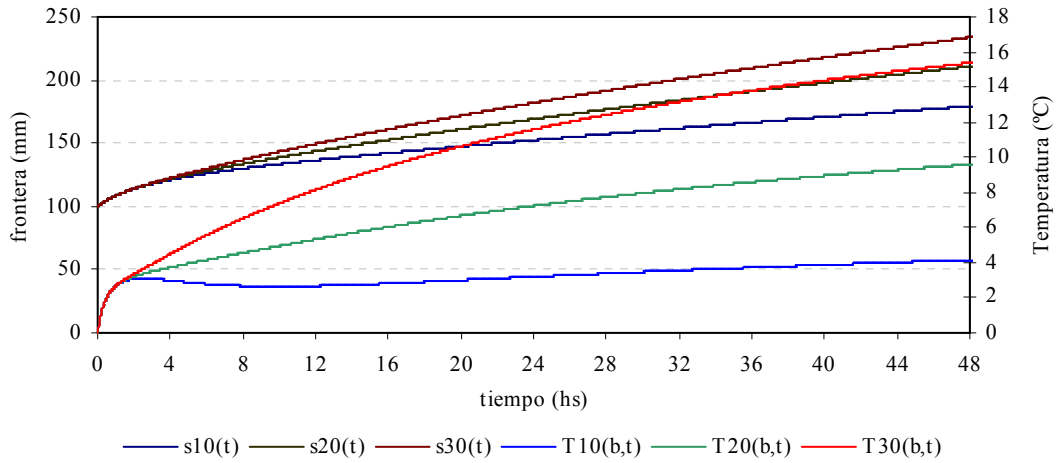


Figura 5: Posiciones de la interfase y temperaturas en el punto $x=b$, en función del tiempo, para la parábola.

En las Figuras 2, 3 y 4 se observa que cuando la sustancia se pone en contacto con la fuente térmica y comienza el proceso de fusión, aparece un período de transición, durante el cual la distribución de temperaturas desde el borde hasta la posición de la interfase no es lineal, cuya duración depende del valor de la temperatura en el borde. Al cabo de un cierto tiempo, esta distribución se hace lineal; dependiendo de la condición impuesta en dicho borde. Esta situación se observa también en la Figura 5, en la distribución de temperaturas en función del tiempo, en el punto donde se encontraba inicialmente la frontera libre, siendo más notorio cuando la fuente de calor se encuentra a 10°C . Este hecho no se observa en el avance de la interfase en función del tiempo, tal como puede verse en la Figura 5

En las Figuras 6 a 9, se presentan los resultados obtenidos para el caso en que la distribución inicial de temperaturas en el líquido es una función lineal. Se ha utilizado también el mismo código de colores que en el caso de la parábola.

En las Figuras 6 a 8 se muestran la distribución de temperaturas en función de la posición para intervalos de tiempo de 2, 4, 8, etc hasta $1024 dt$. En ellas se observan efectos similares al caso en que la distribución inicial es una parábola; esto es cuando la sustancia se pone en contacto con la fuente térmica y comienza el proceso de fusión, aparece también un período de transición, en el que la distribución de temperaturas desde el borde hasta la posición de la interfase no es lineal. Este hecho es más evidente en el caso en que la temperatura impuesta en el borde es distinta de la existente inicialmente, siendo prácticamente imperceptible cuando ambas coinciden. Su duración es menor que en el caso de la parábola, lo que pone en evidencia que depende no sólo de la temperatura impuesta sino también y fundamentalmente de la distribución inicial de temperatura en el líquido presente al inicio del proceso. También, al cabo de un cierto tiempo, esta distribución se hace lineal.

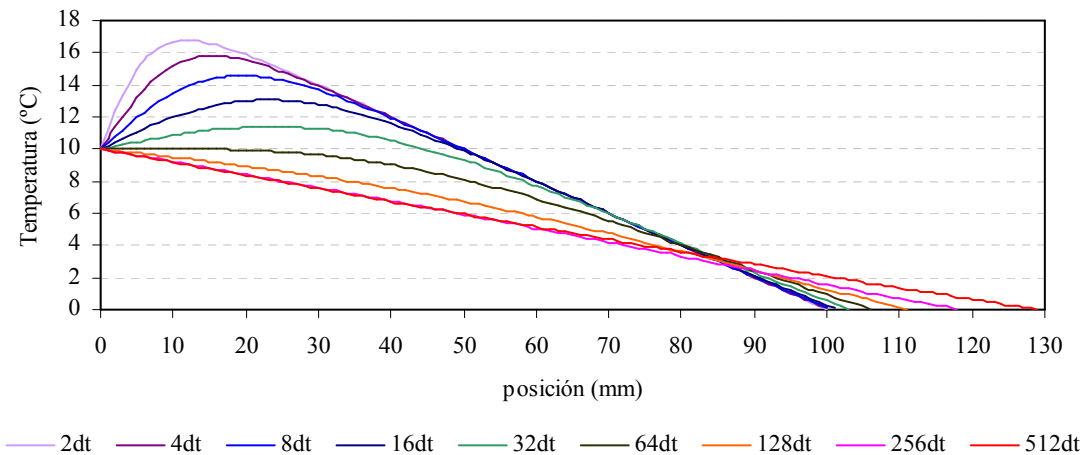


Figura 6: Temperatura en función de la posición para distintos tiempos, la temperatura en el borde fijo es de 10°C

En la Figura 9, se presenta la posición de la interfase y la evolución de temperatura en el punto $x=b=100$ mm, en función del tiempo; en ella se observa la influencia de la temperatura inicial del líquido.

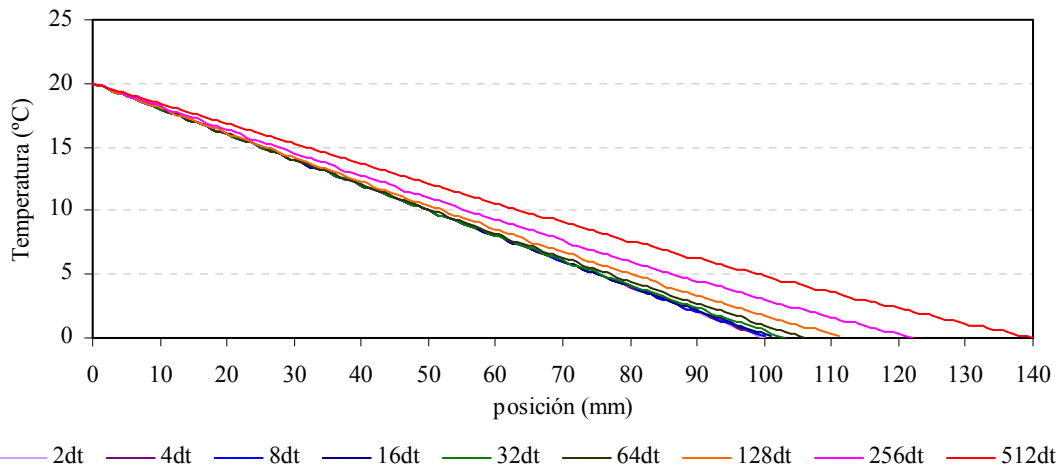


Figura 7: Temperatura en función de la posición para distintos tiempos, la temperatura en el borde fijo es de 20 °C

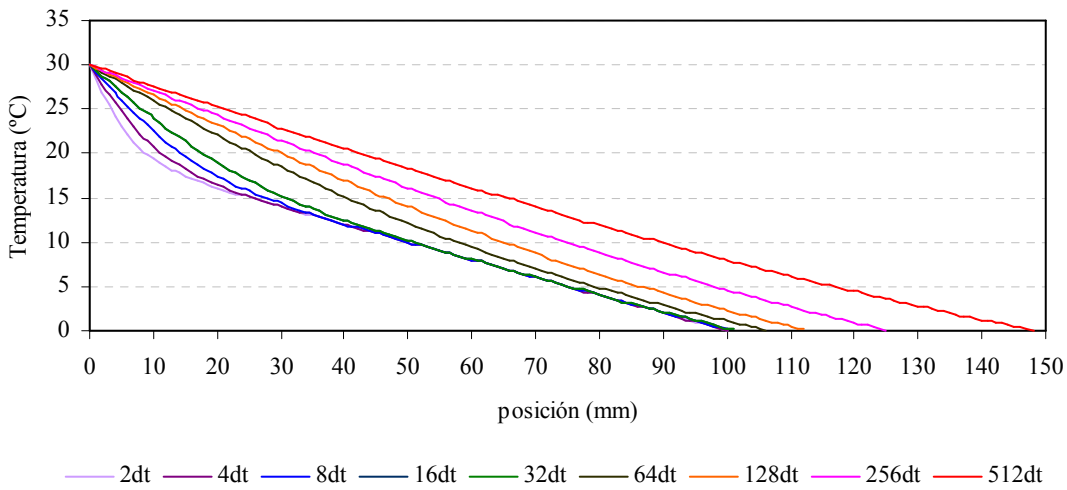


Figura 8: Temperatura en función de la posición para distintos tiempos, la temperatura en el borde fijo es de 30 °C

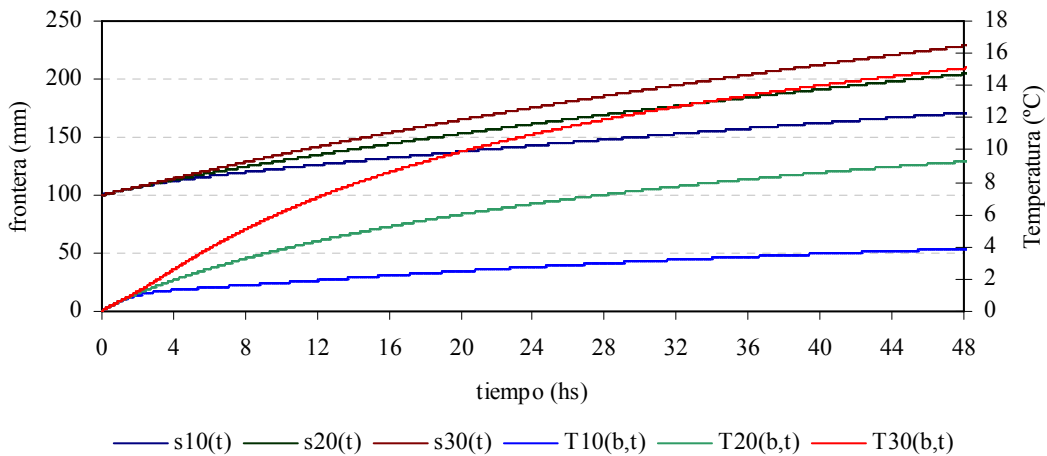


Figura 9: Posiciones de la interfase y temperaturas en el punto $x=b$, en función del tiempo, para la recta.

Resulta útil comparar los resultados obtenidos con los que se obtendrían si la sustancia se encontrara totalmente sólida a la temperatura de fusión al inicio del proceso, estando expuesta a las mismas condiciones de contorno. En la Tabla 2, se realiza esta comparación en las temperaturas alcanzadas en el punto $x=b$ y las posiciones de las interfases.

T(0,t)	Parábola de 20°C máximo			Recta de 20 a 0°C			Totalmente sólido		
	10°C	20°C	30°C	10°C	20°C	30°C	10°C	20°C	30°C
s(12hs) (mm)	136.6	143.6	149.5	126.2	134.7	141.7	66.6	88.9	104.0
T(b,12hs) (°C)	2.67	5.33	8.16	1.92	4.35	7.06	0	0	0.76
s(24hs) (mm)	152.4	169.0	182.0	142.8	161.4	175.5	94.2	126.0	146.6
T(b,24hs) (°C)	3.20	7.23	11.60	2.75	6.67	11.0	0	3.40	7.75
s(36hs) (mm)	166.4	191.0	209.4	157.6	184.3	203.8	115.4	154.0	179.6
T(b,36hs) (°C)	3.72	8.58	13.81	3.39	8.19	13.40	1.18	6.10	11.37
s(48hs) (mm)	179.2	210.7	233.7	171.1	204.6	228.7	133.2	178.0	207.4
T(b,48hs) (°C)	4.15	9.59	15.37	3.88	9.29	15.07	2.27	7.8	13.65

Tabla 2: Temperaturas y posición de la frontera para distintas condiciones iniciales.

En la Figura 10, se presentan las posiciones de las interfases y las temperaturas en el punto $x=b=100\text{mm}$ para el caso en que la sustancia se encuentre inicialmente toda sólida a la temperatura de fusión, esto es cuando $s(0)=0$, en vez de ser $s(0)=b$. se presenta también las distribuciones de temperatura para $x=0.5b$ y $x=1.5b$. En la leyenda, a continuación del dato correspondiente, (s ó T) se ha colocado, la temperatura de la fuente térmica en contacto con la sustancia de cambio de fase.

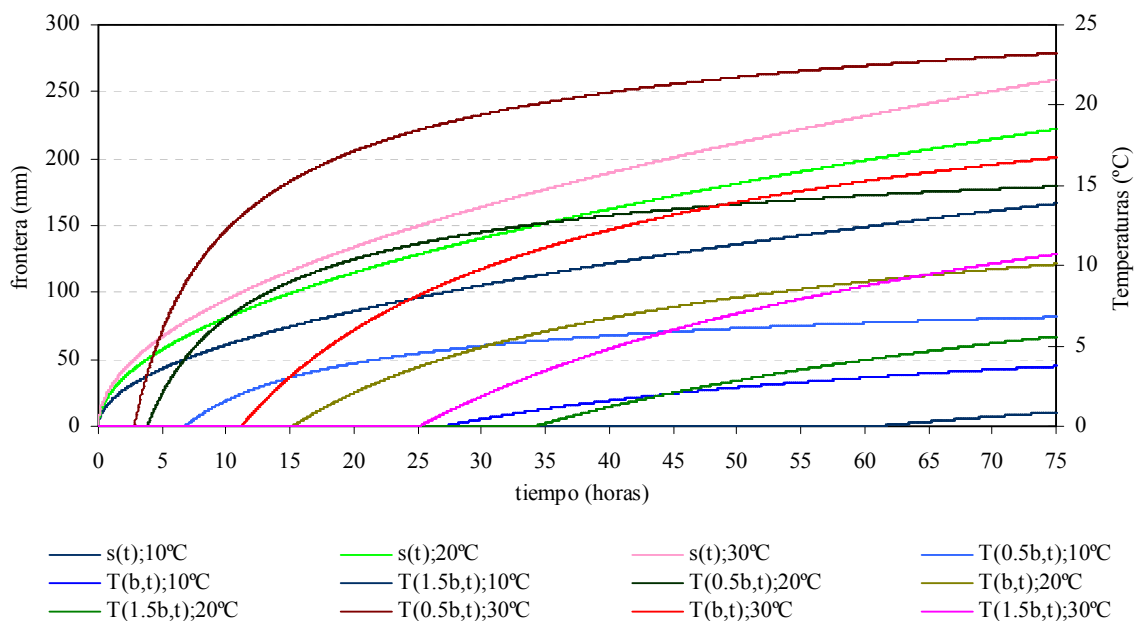


Figura 10: Posiciones de la interfase y temperaturas en el punto $x=b$, en función del tiempo, cuando $s(t)=0$.

De acuerdo a los datos presentados en la Tabla 2, para la situación en que la distribución inicial de temperatura en el líquido corresponde a la parábola, se observa que cuando la temperatura de la fuente es de 10°C , la interfase alcanza los 13.6, 15.2, 16.6 y 18 cm, al cabo de 12, 24, 36 y 48 hs. En estas condiciones, un espesor de pared de cambio de fase de 20 cm resulta adecuado para el acondicionamiento térmico durante 48 hs. En cambio para la misma condición inicial, cuando la fuente térmica se encuentra a 20°C solo podría utilizarse hasta las 36 horas y por un período algo menor en el caso en que la fuente se encuentre a 30°C . Si la situación de distribución inicial de temperatura en el líquido, corresponde a la recta, se observa que cuando la temperatura de la fuente es de 10°C , la interfase alcanza los 17.1 cm, al cabo de 48 horas y apenas pasa los 20 cm en el mismo período, cuando la fuente se encuentra a 20°C ; en cambio cuando la fuente se encuentre a 30°C , podría utilizarse por un período ligeramente menor de 36 horas.

No obstante, es importante tener en cuenta que si bien estos resultados corresponden a la situación inicial tomada para el cálculo, en la práctica la sustancia de cambio de fase se encuentra originalmente en estado sólido a temperatura a lo sumo igual a la de fusión y por tanto la condición inicial tomada correspondería a las que ésta alcance en un tiempo posterior al inicio del acondicionamiento. Por tanto, el tiempo de utilización de la sustancia es mayor debido a que, como se ve en la Tabla 2, para que la interfase alcance los 100 mm, han debido transcurrir por lo menos 24 horas, de acuerdo a la temperatura de la fuente térmica.

CONCLUSIONES

El modelo numérico presentado resulta confiable, el mismo ha sido validado en trabajos anteriores contrastando los resultados por él arrojados con los correspondientes a situaciones en que existe solución analítica. El mismo, admite introducir cualquier distribución inicial de temperatura y posición de la frontera; por lo que permite realizar con cierta rapidez

el estudio del acondicionamiento térmico deseado con las condiciones iniciales que correspondan a una determinada situación a considerar.

Las sustancias de cambio de fase presentan una interesante opción para el acondicionamiento térmico de productos agrícolas, dependiendo el tiempo de acondicionamiento de cada producto particular. Además, contribuyen al ahorro de energía, ya que usualmente se emplea energía eléctrica para el mantenimiento de temperaturas de estos recintos; aunque deba recurrirse a ésta su consumo será menor.

Dado que se estima que el espesor de la pared de cambio de fase, debería ser de unos 20 cm de espesor, a los efectos de no restar espacio de almacenamiento del producto, se observa que en las condiciones analizadas, no podría acondicionarse por más de un día. Sin embargo, considerando que la situación propuesta, de una cierta cantidad de líquido presente, proviene de una situación de acondicionamiento anterior, el período total de tal acondicionamiento resulta mayor, por lo menos en un día más.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo se desarrolló en el marco del Proyecto de Investigación N° 1554 del Consejo de Investigaciones de la Universidad Nacional de Salta, a quien se agradece su financiamiento.

REFERENCIAS

- Alexiades, V., Solomon, A. (1993) *Mathematical Modeling of Melting or Freezing Processes*, Hemisphere Publishing Corporation, A Member of the Taylor & Francis Group.
- Bettencourt, J; Zienkiewicz, O y Cantin, G. (1981) *International Journal Numerical Methods Engineering*. Vol. 17 pág. 931 – 938.
- Bouciguez, A. Lozano, R. Sánchez, A. y Lara, M. (2006) *Conservación de Productos Agrícolas Utilizando Sustancias de Cambio de Fase. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*. Revista de la Asociación Argentina de Energía Solar. Vol.10, pág. 2.23 – 2.30.
- Hamdan, M.; Elwerr, F. (1996) *Thermal Energy Storage Using A Phase Change Material*. Solar Energy, Vol. 56, N° 2, pág. 183 – 189.
- Hamdan, M y Al-Hinti, I. (2004) *Analysis of Heat Transfer During the Melting of a Phase Change Material*. Applied Thermal Engineering, N° 13, pág. 1935 – 1944.
- Hasan, A y Saying, A. (1994) *Some Fatty Acids as Phase Change Thermal Energy Storage Materials*. Renewable Energy, Vol. 4, N° 1, pág. 69 – 76.
- González, J. (2006) *Estudio de Problemas de Frontera Libre en Materiales de Cambio de Fase para su Aplicación en el Acondicionamiento Térmico de Productos Frutihortícolas*. Tesis de Licenciatura en Física, Facultad de Ciencias Exactas Universidad Nacional de Salta.
- Lock, G. (1991) *On the Freeze Occlusion Water, Freezing and Melting Heat Transfer in Engineering*, Hemisphere, New York, pág. 199 – 221.
- Lozano, R y Bouciguez, A. (2004) *Comportamiento Térmico de una Sustancia de Cambio de Fase con Condición de Temperatura en el Borde Fijo*. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. Revista de la Asociación Argentina de Energía Solar. Vol. 8, N° 2, pág. 08.61 – 08.66.
- Nochetto, R. (1984) *Una Introducción General a la Resolución Numérica del Problema de Stefan Unidimensional*. Cuadernos del Instituto de Matemática "Beppo Levi". Universidad Nacional de Rosario, pág.143 -166.
- Sari, A y Kaygusuz, K. (2001) *Thermal Performance of Myristic Acid as a Phase Change Material for Energy Storage Applications*. Renewable Energy, Vol. 24, pág. 303 –317.
- Tunçbilek, K; Sari, A, Tarhan, S, Ergunes, G y Kaygusuz, K. (2005) *Lauric and Palmitic Acids Eutectic Mixture as Latent Heat Storage Material for Low Temperature Heating Applications* Energy, Vol. 30 pág. 677– 692.
- Zerroukat, M y Chatwin, C. (1994) *Computational Moving Boundary Problems*. John Wiley & Sons Inc.

ABSTRACT

The behavior of organics phase change materials keeping in a diathermy wall is presented in this study. The initial condition considered is the presence of a fusion front in contact with a thermal source. The rest of the substance is at the corresponding melting point. The obtained results show that there is a transition period, where the substance has no lineal temperature distribution, but it tends to that distribution in a certain time, as it occurs when the whole substance is initially solid at the melting point.

Key words: phase change, melting point, thermal source, interface position.