

MODELO COMPUTACIONAL PARA EL CALCULO DE
DISTRIBUCION DE TEMPERATURA EN EL SUELO

Angélica Bouciguez y Luis Saravia*

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

Resumen

Este trabajo modeliza la distribución de temperaturas en el suelo y su evolución temporal mediante un algoritmo sencillo, con el fin de evaluar la posibilidad de calentar un tanque biodigestor en regiones frías enterrado en las cercanías de una poza solar, que se usada con otros propósitos.

Se estudian distintas alternativas de ubicación del digestor con el fin de evaluar las temperaturas en su interior durante el invierno.

Introducción

Los biodigestores aumentan considerablemente su producción de gas con la temperatura, siendo común llegar a valores de hasta 35°C cuando se utilizan baterías no termofílicas. Esto constituye un inconveniente para el uso de biodigestores en el cono Sur ya que en invierno las temperaturas medias son considerablemente menores. El problema se agrava cuando se intenta su uso en zonas altas como las preandinas y andinas. Se han sugerido varios métodos de calentamiento por vía solar. (1, 2) ya sea activos o pasivos.

En este trabajo se discute otra posibilidad, la de enterrar al biodigestor en las cercanías de una poza solar, lo que sería económicamente viable si la poza ha sido instalada con el fin de suministrar calor para otros fines.

El suelo que rodea la poza se encuentra a temperatura más elevada, debido a la pérdida de calor hacia el piso que la rodea, y el biodigestor, convenientemente ubicado, se encontraría a mayor temperatura.

Miembro de la carrera del Investigador del CONICET

Instituto UNSa. - CONICET

El efecto dependerá en mucho de la ubicación relativa del biodigestor y la poza por lo que se presta especial atención a este punto y se estudian diversas disposiciones posibles.

Debido a que el problema es tridimensional y que tanto su geometría como sus condiciones de borde son complicadas se recurre a un programa de computadora para realizar el cálculo. Metz (3) ha propuesto un método de cálculo basado en un algoritmo rápido y sencillo.

Usando esta propuesta se realiza un modelo computacional, aplicado al problema específico de calentamiento de un tanque biodigestor.

Modelo computacional

El algoritmo se explica a continuación con un ejemplo que se muestra en la Fig. 1. En él se trata de calcular la temperatura que alcanza el tanque A debido a la influencia de las pozas solares.

El volumen en estudio se divide en bloques, identificados con un índice I, a cada uno de los cuales se le asigna una temperatura T(I) cuya variación temporal calcula el programa mediante un balance térmico en el bloque.

El intercambio de calor entre dos bloques I y J que tienen en común su área A(I,J) se evalúa mediante la expresión:

$$k A(I,J) \frac{T(J) - T(I)}{D(I,J)}$$

donde k es la conductividad térmica del suelo (w/m°C). D(I,J) es la distancia entre los puntos medios de los bloques I y J (m).

Conocida la temperatura T(I,t) del blo

que I en el instante t, se aplica un esquema de diferencias finitas para obtener la temperatura T(I, t + t) del bloque I al tiempo t + t. De modo que:

$$T(I, t + \Delta t) = \sum_J R(I, J) T(J, t)$$

donde

$$R(I, J) = \frac{k \Delta t}{C \rho V(I)} \frac{A(I, J)}{D(I, J)} \text{ para } I \neq J$$

$$\text{y } R(I, I) = 1 - \frac{k \Delta t}{C \rho V(I)} \sum_{J \neq I} \frac{A(I, J)}{D(I, J)}$$

donde C capacidad calorífica del suelo (J/kg°C)

ρ densidad (kg/m³)

V(I) volumen del bloque I (m³)

En cada caso se deberá tener en cuenta las condiciones de bordes impuestas al volumen considerado. La distribución de bloques es seleccionada teniendo en cuenta las condiciones de borde y la geometría del problema.

Los bloques que simulan la poza, y la superficie y profundidad del suelo tienen temperatura fija.

La distribución inicial de temperaturas se calcula mediante la expresión:

$$T(y, t) = T_0 + T_1 \exp\left(-\frac{w}{2\alpha} y\right) \sin\left(wt - \frac{w}{2\alpha} y + S_0\right)$$

donde y es la profundidad (m)

t tiempo del año (h)

T₀ es la temperatura promedio del suelo (°C)

T₁ es la temperatura en la superficie del suelo (°C)

w es la frecuencia angular de variación anual de temperatura del suelo (2π/8766 hr⁻¹)

α es la difusividad térmica del suelo (k/cρ) (m²/s)

S₀ es el ángulo de fase de la temperatura en la superficie (rad).

Resultados

Dado que tanto la poza como el tanque biodigestor tienen una dirección predominante el estudio se ha realizado en dos dimensiones.

Con el fin de obtener temperaturas más uniformes se ha planteado colocar el tanque entre dos secciones de la poza tal como se esquematiza en la Fig. 1. Por razones de simetría los cálculos se realizan en una sola mitad de la zona de interés como se indica en la Fig. 2.

Se evaluaron tres casos representativos de las opciones más importantes:

Caso 1: tanque enterrado de 4 m² sección normal al eje a partir de 1 m de profundidad.

Caso 2: tanque enterrado a partir de 0,25 m. de profundidad.

Caso 3: tanque enterrado a partir de 1 m de profundidad con aislamiento en la superficie inferior.

En esta primera evaluación no se estudió en detalle la evolución anual completa sino que sólo se consideraron situaciones estacionarias extremas (verano e invierno). La comparación se realizó en un clima de tipo preandino con una temperatura promedio anual de 13°C y temperatura promedio en la superficie de 18°C en verano y 5°C en invierno. Se consideraron temperaturas típicas para una zona en las dos situaciones.

El diagrama de bloques para los casos 1 y 3 (tanque enterrado a 1 m de profundidad sin y con aislamiento respectivamente) se muestra en la Fig. 3. El diagrama correspondiente al caso 2 (tanque enterrado a 0,25 m de profundidad) se muestra en la Fig. 4.

Las isotermas obtenidas en cada caso se muestran en las Figs. 5 a 10. Los resultados obtenidos para la temperatura del tanque en las distintas condiciones se muestran en la Tabla I.

Los resultados obtenidos indican que es posible obtener temperaturas adecuadas en los tanques.

Por otra parte cabe señalar que las simulaciones involucradas aseguran que prácticamente no habrá variaciones diarias de temperatura. De las tres opciones la que tienen aislamiento permite obtener las mayores temperaturas de invierno. La temperatura de verano es

alta, pero ello es solucionable controlando la extracción de calor en la poza de manera de bajar su temperatura en el fondo.

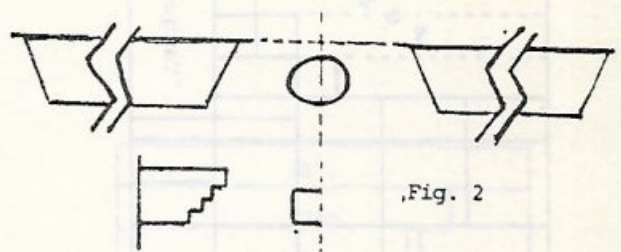
Referencias

1. Fabris y H.Grosse Gallegos. "Calefacción solar de un digestor anaeróbico". Actas de la 4a. Reunión de Trabajo de Energía Solar, ASADES, La Plata, 1978.

2. J. Sequi, A. Iriarte y otros. "Sistemas pasivos para calentamiento de digestores: Diseño y ensayo preliminares". Presentado en la 10a. Reunión de Trabajo de ASADES, Neuquén, 1985.

3. P.D. Metz. "A Simple Computer Program to Model Three Dimensional underground Heat Flow with Realistic Boundary Conditions (Journal of Solar Energy Engineering) Vol. 105, February, 1983.

Fig. 1: Esquema de colocación del tanque entre las pozas



,Fig. 2

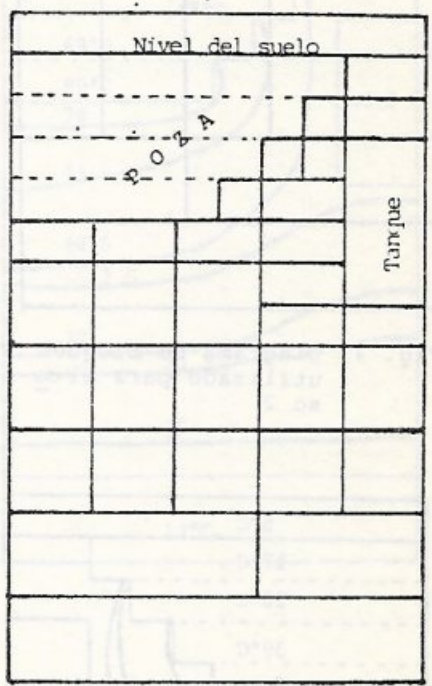


Tabla I: Temperaturas alcanzadas por el tanque

	Caso 1	Caso 2	Caso 3
Invierno	23.3°C	16.9°C	15.2°C
Verano	41°C	36.5°C	43.8°C

Fig. 3: Diagrama de bloque utilizado para los casos 1 y 3

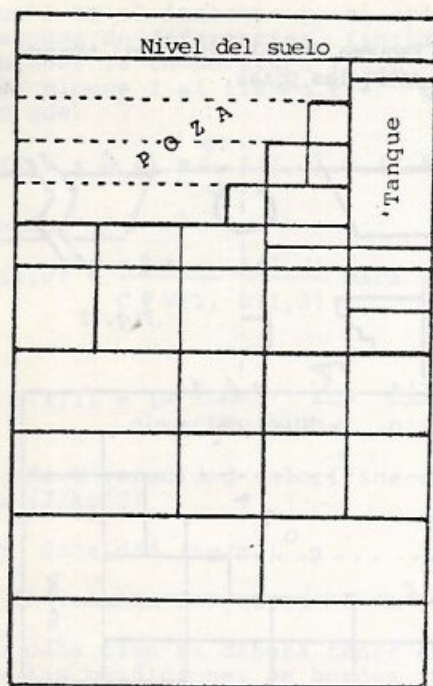


Fig. 4: Diagrama de bloques utilizado para el caso 2

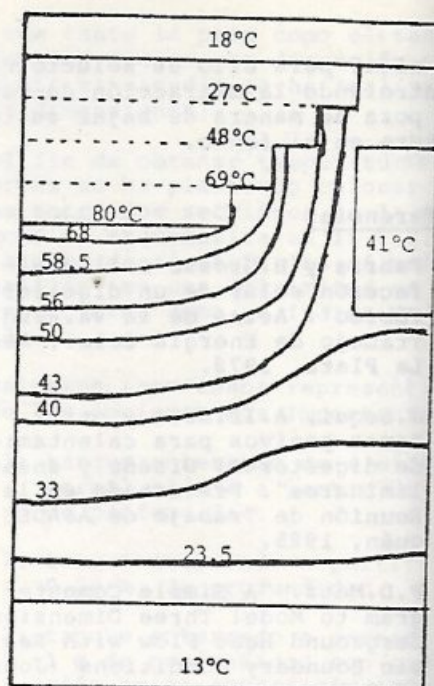


Fig. 6: Caso 1: Isotermas obtenidas (verano)

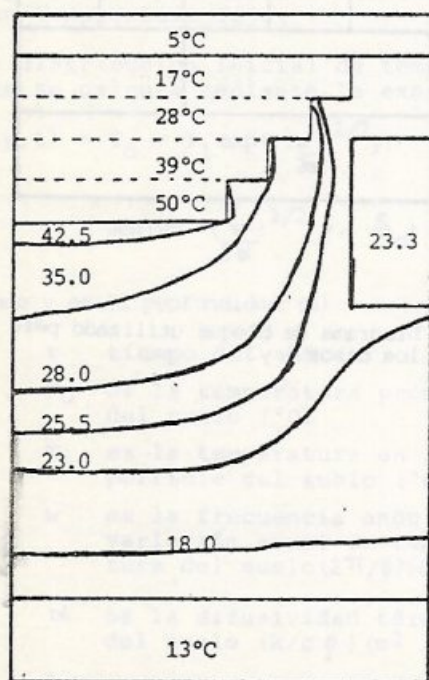


Fig. 5: Caso 1: Isotermas obtenidas (invierno)

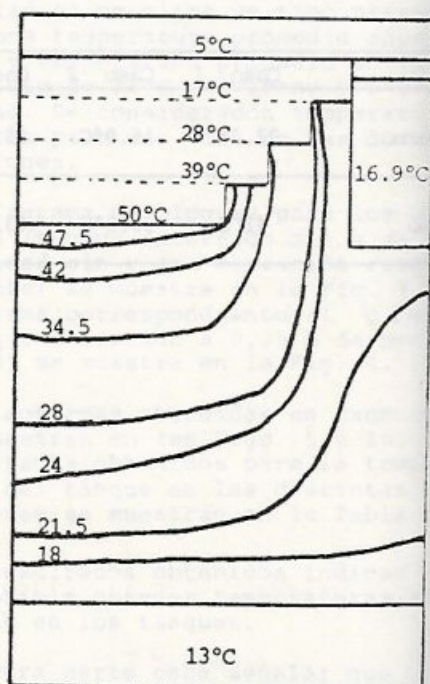


Fig. 7: Caso 2: Isotermas obtenidas (invierno)

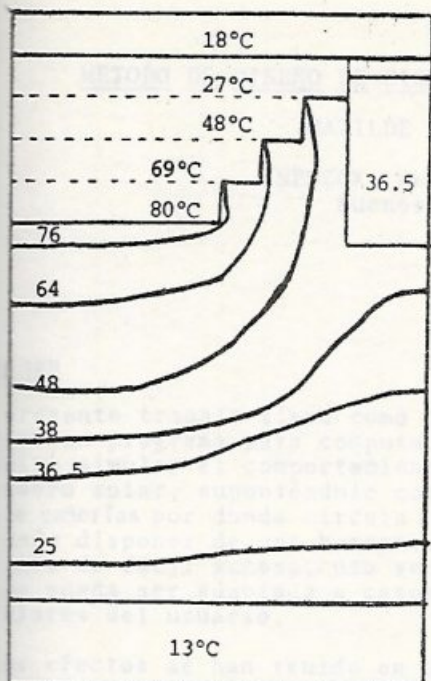


Fig. 8: Caso 2: Isotermas obtenidas (verano)

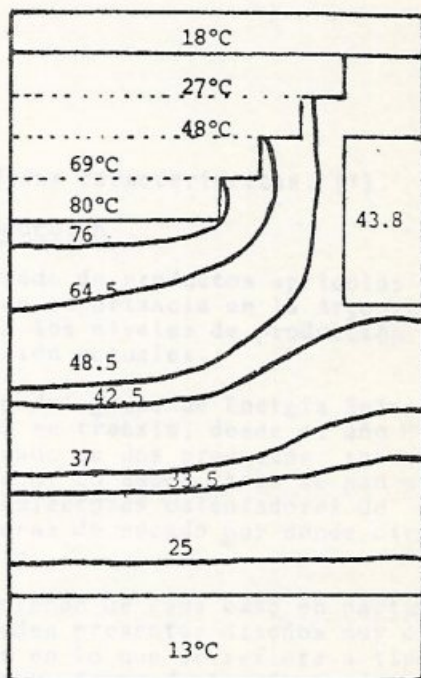


Fig. 10: Caso 3: Isotermas obtenidas (verano)

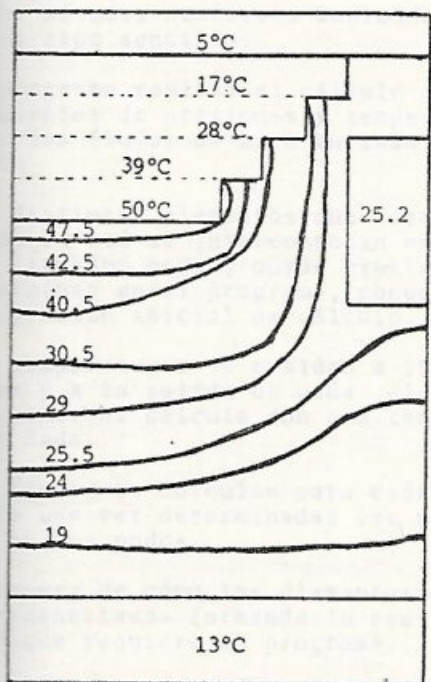


Fig. 9: Caso 3: Isotermas obtenidas (invierno)