

DETERMINACIÓN ANALÍTICA DE LA TEMPERATURA DEL AIRE EN UN COLECTOR DE AIRE CON LECHO DE LADRILLO ASFALTICO

Francisco Risco Franco-fjrisko@uns.edu.pe

Chumpitaz Ayala Germán Raúl-germanraul2cha@msn.com

Sotelo Ledezma Junior Pedro peters_83_23@hotmail.com

Universidad Nacional del Santa, E.A.P. de Ingeniería en Energía

Resumen. El presente documento intenta realizar un modelamiento matemático de un nuevo tipo de colector solar de aire, el cual utiliza un lecho de ladrillo, con el fin de capturar la energía que no es captada por el flujo de aire que lo atraviesa.

Palabras-clave: Energía solar, colector solar, congreso.

1. INTRODUCCIÓN:

El presente trabajo se encarga del análisis de un nuevo tipo de colector solar con lecho de ladrillo asfáltico como placa colectora. Este colector presenta particularidades únicas en su función y composición, ya que no solo se puede usar la energía solar térmica para aprovechar la para calentar la corriente de aire, si no también almacenarla en el lecho de ladrillo que se encuentra en el colector.

Hoy, donde ya es común la discusión sobre las formas de aprovechar la mayor parte de la energía solar como forma de paliar el problema energético, cada vez más en boga por estos días, y ya es común preocuparse de estos aspectos en una amplia gama de aspectos cotidianos de nuestra vida diaria.

Es así que surge la necesidad de probar nuevos materiales, para almacenar energía, sobre todo aquellos que se pueden encontrar día a día en nuestro alrededor y sobre todos aquellos cuya manufactura ya se encuentra desarrollada,

Mediante el estudio de las investigaciones sobre estos sistemas nos planteamos la posibilidad de construir un colector solar cuya placa tenga la propiedad, no solo de captar, sino también de almacenar la energía solar.

Es así que surge la idea de utilizar un lecho de ladrillo asfáltico como placa colectora; siendo este material de uso común en las construcciones hechas por los diferentes municipios en nuestra localidad y de uso y manufactura popular en construcciones públicas en general.

Los secadores solares abiertos que se han estudiado a lo largo de la historia presentan algunos inconvenientes que ha sido estudiadas a lo largo de los años por muchos estudiosos. Entre estas desventajas encontramos:

- Tiempo de secado de muy largo.
- El grano sufre daños debido a la lluvia.
- Contaminación del grano debido al polvo.
- Ataque de insectos y pestes.

Algunos de los inconvenientes fueron resueltos con el desarrollo de los secadores solares de gabinete. Sin embargo el secador solar de gabinete presenta alguno de las siguientes desventajas.

- Es conveniente solo para pequeñas cantidades de especies a ser secadas, por lo cual no se puede usar para propósitos comerciales.
- Solo puede ser usado durante periodos soleados.
- Debido a la evaporación de la humedad y la condensación en la cubierta de vidrio, la transmitividad de la cubierta de vidrio se reduce.
- El sobrecalentamiento del producto es debido a la exposición directa de la luz solar, y por lo tanto la calidad del producto puede deteriorarse.

Con el fin de resolver estos problemas, se han probado varios diseños de secadores solares pasivos han sido desarrollados y probados. Estos diseños han sido recomendados para propósitos comerciales y estos incluyen:

- Secador de chimenea.

- Secador tipo cajón.
- Secador tipo estante.

En estos estudios, el efecto del almacenamiento, en la cámara también han sido incluidas para reducir la fluctuación de la temperatura de salida del aire caliente. Sin embargo, el almacenamiento térmico de la energía es también usado para propósitos de secado durante las horas en las cuales no se cuentan con sol. Es importante de mencionar aquí que el material mayormente usado como elemento almacenador son los lechos de roca (rock bed). Esto hace al sistema de difícil mantenimiento en caso de un bloqueo de la cámara de secado.

2. ANÁLISIS TÉRMICO DEL COLECTOR

En este documento, las ecuaciones de balance de energía del aire, el lecho y la capa superior del lecho han sido discutidas analíticamente.

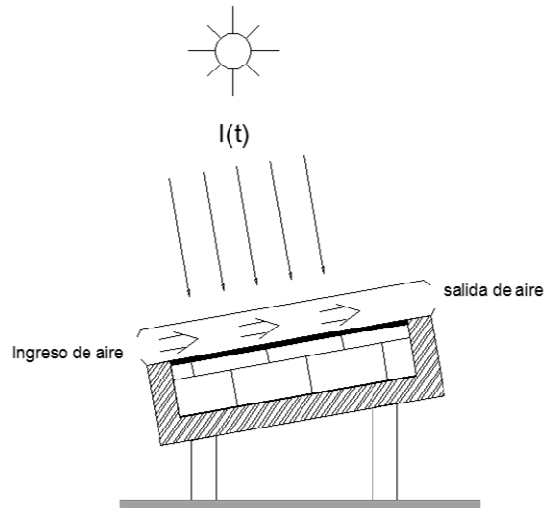


Figura 1- Vista transversal del colector solar de aire, con lecho de ladrillo asfáltico.

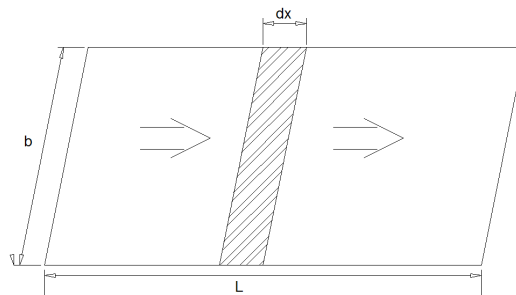


Figura 2- Vista superior del colector lecho de ladrillo asfáltico.

En este dispositivo la radiación que ingresa por la parte superior, atraviesa la cubierta y calienta la superficie oscura, que es la parte superior del ladrillo, luego esta conduce el calor hacia la masa de ladrillos y otra parte se dirige hacia la masa de aire que está atravesando el colector en ese momento, como se puede observar en las fig. 1 y Fig. 2.

El calor que se dirige hacia el lecho de ladrillo asfáltico, acaba acumulándose en este, aunque otra parte del mismo se dirige se pierde por las paredes que rodean el lecho.

La parte de calor que se dirige hacia el aire es removido por este y otra parte se disipa a través de la cubierta hacia el medio ambiente.

Para hacer este análisis se tomaron en cuenta algunas suposiciones.

- La capacidad de almacenar parte de la energía por parte del vidrio, aislamiento y superficies que conforman el colector son despreciables.

- El sistema no presenta fugas.
- La dirección del flujo a lo largo del colector es unidimensional, es decir no presenta turbidez.
- Las propiedades dentro del colector se mantienen constantes y no sufren grandes alteraciones.

2.1. Superficie del ladrillo asfáltico:

$$\alpha\tau I(t)A_c = k(T_s - T_L)A_c + h_a(T_s - T_A)A_c \quad \dots\dots\dots (1)$$

Donde:

- α = Absortividad de la superficie oscura.
- τ = Transmitancia o transmisividad de la cubierta de vidrio.
- $I(t)$ = Radiación solar incidente en el colector (W/m²).
- k = Coeficiente de transferencia de calor por conducción entre la superficie oscura y el lecho de ladrillo (W/m²°C).
- T_s = Temperatura de la superficie oscura (°C).
- T_L = Temperatura del lecho de ladrillos (°C).
- A_c = Área del colector (m²).
- h_a = Coeficiente convectivo de calor entre la superficie oscura y el aire (W/m²°C).
- T_A = Temperatura del aire dentro del colector (°C)

2.2. Lecho de ladrillo asfáltico:

$$k(T_s - T_L)A_c = M_L C_L \frac{dT_L}{dt} + (A_c + A_S)(T_L - T_a) \quad \dots\dots\dots (2)$$

Donde:

- M_L = Masa del ladrillo (Kg).
- C_L = Calor específico del ladrillo (J/Kg°C).
- h_b = Coeficiente global de transferencia de calor desde el lecho de ladrillo hacia el aire circundante a través del aislante (W/m²°C).
- T_a = Temperatura ambiente del aire (°C).
- T_L = Temperatura de la superficie oscura (°C).
- A_c = Temperatura del lecho de ladrillos (°C).
- h_a = Área del colector (m²).
- T_A = Coeficiente convectivo de calor entre la superficie oscura y el aire (W/m²°C).
Temperatura del aire dentro del colector (°C)

2.3. Flujo de aire:

$$h_a(T_s - T_A)bdx = \dot{m}_A C_A \frac{dT_A}{dx} + h_c(T_A - T_a)bdx \quad \dots\dots\dots (3)$$

Donde:

- h_c = Coeficiente global de transferencia de calor desde el aire del colector hacia el ambiente a través de la cubierta de vidrio (W/m²°C).
- x = Coordenada de posición a lo largo de la dirección de flujo (m).
- b = Ancho del colector (m).
- \dot{m}_A = Flujo másico del aire a través del colector (Kg/s)
- C_A = Calor específico del aire (J/Kg°C).

A partir de la ecuación (1) despejamos la temperatura de la superficie oscura.

$$T_s = \frac{\alpha\tau I(t)A_c + kT_L A_c + h_a T_A A_c}{kA_c + h_a A_c}$$

$$T_s = \frac{\alpha\tau I(t) + kT_L + h_a T_A}{k + h_a} \quad \dots\dots\dots (4)$$

Reemplazando el valor de (4) en (3)

$$\frac{dT_A}{dx} + \frac{h_c b dx}{\dot{m}_A C_A} T_A - \frac{h_c b dx}{\dot{m}_A C_A} T_a = \frac{h_a b dx}{\dot{m}_A C_A} T_b - \frac{h_a b dx}{\dot{m}_A C_A} T_A$$

$$\frac{dT_A}{dx} + \frac{(h_c + h_a) b dx}{\dot{m}_A C_A} T_A = \frac{h_a b dx}{\dot{m}_A C_A} \left[\frac{\alpha \tau I(t) + k T_L + h_a T_A}{k + h_a} \right] + \frac{h_c b dx}{\dot{m}_A C_A} T_a$$

Luego:

$$\frac{dT_A}{dx} + a' T_A = F'(t) + b' T_L \quad \dots\dots\dots (5)$$

Donde:

$$a' = \frac{b dx}{\dot{m}_A C_A} \left[h_c + \frac{k h_a}{k + h_a} \right]$$

$$F'(t) = \frac{b dx}{\dot{m}_A C_A} \left[\frac{h_a \alpha \tau I(t)}{k + h_a} + h_c T_a \right]$$

$$b' = \frac{1}{\dot{m}_A C_A} \left[\frac{k h_a b dx}{k + h_a} \right]$$

Esta es una ecuación diferencial de primer orden, por lo cual su solución será:

$$T_A = T_{A_0} e^{-P(x)} + \frac{\int_{x_0}^x e^{P(s)} [F'(t) + b' T_L] ds}{e^{P(x)}} \quad \dots\dots\dots (6)$$

Donde $P(x) = \int a' dx$; y $P(s) = \int a' ds$

Además para nuestro caso $x_0 = 0$.

$$T_A = T_{A_0} e^{-a'x} + \frac{(1 - e^{-a'x})}{a'} [F'(t) + b' T_L] \quad \dots\dots\dots (7)$$

Donde:

$$a' = \frac{b dx}{\dot{m}_A C_A} \left[h_c + \frac{k h_a}{k + h_a} \right]$$

$$F'(t) = \frac{b dx}{\dot{m}_A C_A} \left[\frac{h_a \alpha \tau I(t)}{k + h_a} + h_c T_a \right]$$

$$b' = \frac{1}{\dot{m}_A C_A} \left[\frac{k h_a b dx}{k + h_a} \right]$$

3. CONCLUSIONES:

La temperatura de salida del aire, del colector puede hallarse puede hallarse:

$$T_{A(L)} = T_{A_0} e^{-a'L} + \frac{(1-e^{-a'L})}{a'} [F'(t) + b'T_L] \dots\dots\dots (8)$$

La temperatura promedio del colector puede hallarse:

$$\bar{T}_A = \frac{1}{L} \int_0^L T_A dx$$

$$\bar{T}_A = \frac{[F'(t)+b'T_L]}{a'} \left[1 - \frac{1-e^{-a'L}}{a'L} \right] + T_{A_0} \frac{1-e^{-a'L}}{a'L} \dots\dots\dots (9)$$

4. REFERENCIAS:

Abbud J. , 1995 “Simulation of Solar Air Heating at Constant Temperature “en Solar Energy, Vol 54
 Amer E. , 1997 “Transient Test Methods for Flat-Plate Collectors: Review and Experimental Evaluation” en Solar Energy, Vol 60
 K.S. Ong, 1995 Thermal Performance of Solar Air Heaters: Mathematical Model and Solution Procedure, Solar Energy Vol 55
 Tiwari G. N.,P.S Bhatia,Singh A. K. “Analitical Studies of Crop Drying Cum Water Heating System” en Solar Energy