

DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DE UN CALENTADOR SOLAR DE AIRE APLICADO A DESHIDRATACIÓN

*Eduardo Venegas-Reyesa**, *Ulises Dehesa-Carrasco*,
Yuridiana Rocío Galindo-Lunab y *Jonathan Ibarra-Bahenac*

a Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Paseo Cuauhnáhuac 8532, Progreso, Jiutepec, Morelos 62550, México;
eduardo_venegas@tlaloc.imta.mx

b Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, San Rafael Atlixco 186, Col. Vicentina, Iztapalapa, Ciudad de México 09340.

c Instituto de Energías Renovables, Priv. Xochicalco s/n, Col. Azteca, Temixco, Morelos 62588, México.

Revista Energías Renovables, Año 10 Núm.52, Ene-Jun 2024
Certificado de reserva al uso exclusivo del Título:
No. 04-2014-101414142700-203 PUBLICACIÓN TRIMESTRAL
Registro ISSN: 2395-930
DOI: 10.59730/rer.v11n52a3

Resumen: En este trabajo se presenta la evaluación de un sistema de deshidratación solar basado en calentadores de aire tipo V de doble paso. Se obtuvo la curva de eficiencia del calentador solar con una ordenada al origen de 0.4596 y una pendiente de -10.958 para un flujo másico de 0.0174 kg/s. Adicionalmente se hicieron pruebas operativas del sistema de deshidratación, compuesto por dos calentadores de aire y una cámara de secado, dichas pruebas consistieron en el deshidratado de manzana Golden Delicious y jitomate Saladet

Introducción

El uso de combustibles fósiles para proveer de energía a las actividades humanas y la consecuente emisión de gases de efecto invernadero ha provocado el cambio del clima a nivel global. Una opción viable técnica y económicamente para reducir estas emisiones es el uso de energías renovables, como la solar. Por otro lado, el calentamiento de aire se usa para secado de productos alimenticios o acondicionamiento de espacios. Un sistema de deshidratación solar directo está conformado principalmente por calentadores solares de aire, un soplador de aire, una cámara de secado y los ductos donde se transporta el aire de los calentadores hacia la cámara de secado. En la figura se puede ver un sistema de deshidratación solar que se desarrolló en el IMTA. El sistema desarrollado cuenta con dos calentadores solares de aire de canal tipo V de doble paso acoplados a una cámara de secado con una capacidad de 6 kg de producto.

Metodología

La geometría del calentador está basada en un concentrador solar tipo V, considerado inicialmente para una línea base b y un ángulo de abertura θ . La razón de concentración para un ángulo de incidencia $f = 0$ y un número de reflexiones $n = 1$ está dado por [1]:

$$K = 1 + 2\rho \cos \theta \quad (1)$$

Donde r es la reflectividad de las paredes laterales. La razón de aspecto se expresa como [2]:

$$\frac{L}{b} = \frac{\cos \theta}{\sin\left(\frac{\theta}{2}\right)} \quad (2)$$

Donde L es el ancho de la pared reflectiva.

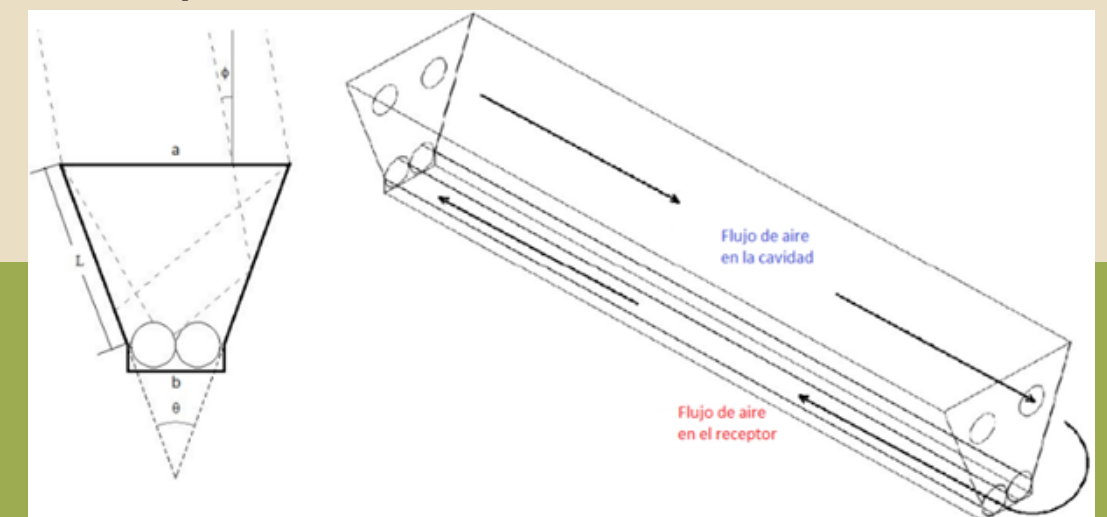


Figura 2. Geometría del calentador de aire.

El diseño propuesto tiene adicionalmente dos receptores circulares y se propuso una $L = 0.41$ para aprovechar mejor el material reflectivo, por lo que cambia la razón de concentración geométrica, la cual es de 1.6292 cuando los rayos incidentes son normales al plano de la abertura del concentrador. En la tabla 1 se pueden observar los valores usados en el diseño. Donde el material reflectivo usado es lámina galvanizada con una reflectancia $r = 0.6$.

Tabla 1. Valores geométricos y ópticos del concentrador solar.

Descripción	Valor
Abertura a	0.52 m
Línea base b	0.22 m
Ancho del reflector L	0.41 m
Ángulo de abertura θ	40°
Reflectancia ρ	0.6
Transmitancia τ	0.8
Absortancia α	0.9
Razón de concentración K	1.6292
Área de abertura A_a	1.2688 m ²
Área del receptor A_r	0.7788 m ²

Se implementó la geometría del calentador solar de aire en el Software Soltrace para el trazado de rayos. Se obtuvo el trazado de rayos cuando la radiación incidente es normal al plano de abertura y para un ángulo de incidencia de 23.45° considerando la declinación de -23.45 a 23.45° que ocurre a lo largo del año. En la tabla 2 se puede observar la potencia incidente en cada receptor de acuerdo con el ángulo de incidencia. Cuando el ángulo de incidencia es 23.45°, el receptor 1 recibe solo el 90.33% y el receptor 2 solo recibe 54.81% de la radiación de la potencia que reciben cuando la radiación es normal al plano de abertura del calentador.

Tabla 2. Potencia incidente en los receptores.

Potencia Incidente	Receptor 1	Receptor 2
Normal	472 W	474 W
23.45°	426.39 W	259.81 W
-23.45°	259.81 W	426.39 W



Se construyó el calentador de aire y se evaluó de manera experimental de acuerdo con el estándar ANSI-ASHRAE 93-2003. En la figura 3 se puede ver el prototipo del calentador solar de aire instrumentado. Adicionalmente se construyeron unas cámaras mezcladoras, donde en la cámara de entrada se instaló una resistencia controlada por un dimmer para variar la temperatura a la entrada del colector. Para obtener su curva de eficiencia en dependencia de la temperatura a la entrada y en dependencia a la velocidad del flujo de aire. Adicionalmente se obtuvieron la constante de tiempo y el modificador del ángulo de incidencia.



Figura 3. Calentador solar de aire instrumentado.

Resultados y discusión

Se midieron las temperaturas, la velocidad del aire y la diferencia de presión a la entrada y a la salida del calentador solar de aire, así como la radiación incidente con el fin de obtener la curva de eficiencia en función de $(t_i - T_a)/G$, con una ordenada al origen de 0.4596 y una pendiente de -10.958 para un flujo másico de 0.0174 kg/s como se puede ver en la figura 4.

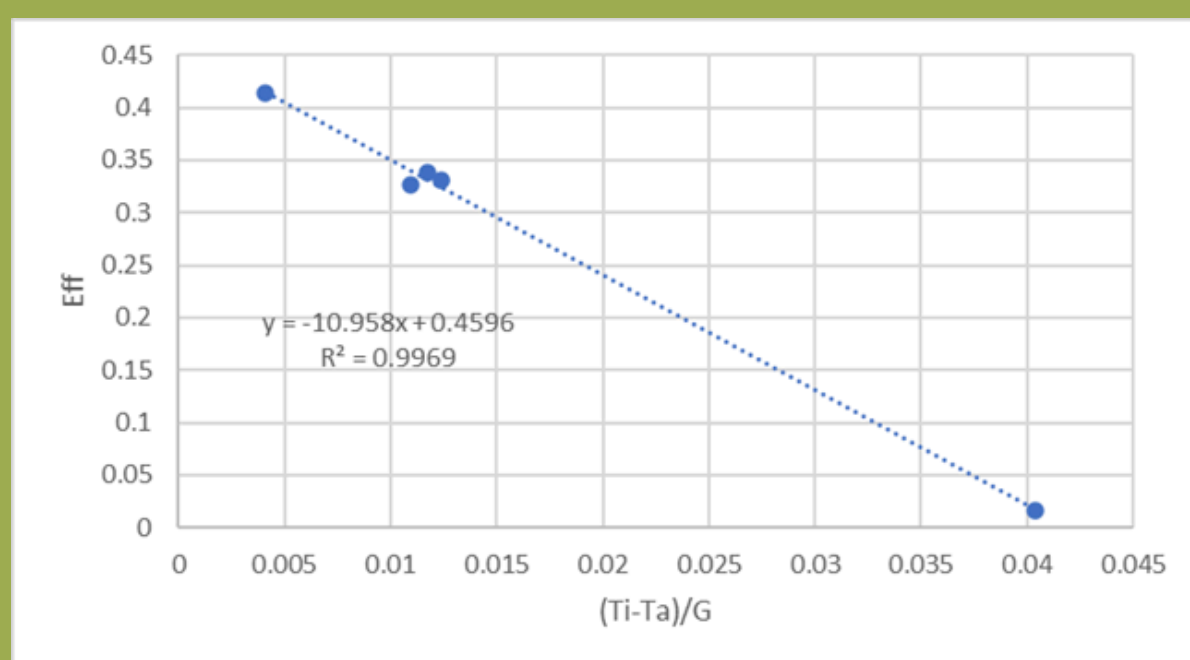


Figura 4. Curva de eficiencia del calentador solar de aire.

Una vez que se evaluó en calentador solar de aire, se acoplaron los dos que se construyeron a una cámara de secado y se hicieron algunas pruebas funcionales para deshidratar manzana Golden Delicious y jitomate Saladet.

Manzana Golden Delicious

Se llevaron a cabo pruebas de funcionamiento para secar manzana Golden Delicious. Se cortaron y se pesaron 867 g de manzana como se puede ver en la figura 5. Posteriormente se sumergieron en agua con jugo de limón durante 10 minutos y se colocaron en dos charolas. Dichas charolas a su vez se colocaron dentro de la cámara de secado y se cerraron las puertas para iniciar con el proceso de secado de las manzanas como se puede ver en la figura 6, el proceso duró un día. Se llevó a cabo una prueba operacional donde se secaron 867 g de manzanas Golden Delicious, el peso final del producto fue de 130 g, es decir, el peso final fue de aproximadamente 15% del peso inicial, como se puede ver en la figura 7.



Figura 5. Corte y colocación de manzanas en las charolas.



Figura 6. Colocación de las charolas en la cámara de secado.



Figura 7. Peso final de la manzana deshidratada.

Jitomate Saladet

Se pesaron 2467 g de jitomate saladet. Posteriormente se cortaron los jitomates en mitades, se les puso sal de mesa y se colocaron en la charola para secado (ver figura 8).



Figura 8. Corte y colocación del jitomate en las charolas.

Manzana Golden Delicious

Las charolas a su vez se colocaron dentro de la cámara de secado y se cerraron las puertas para iniciar con el proceso de secado del jitomate como se puede ver en la figura 9, el proceso duró 3 días.



Figura 9. Colocación de la charola en la cámara de secado.



Figura 10. Peso final del jitomate deshidratado.

Se llevó a cabo una prueba operacional donde se secaron 2467 g de jitomate saladet, el deshidratado duro tres días y el peso final del producto fue de 338 g, es decir, el peso final fue de aproximadamente 13.7% del peso inicial, como se puede ver en la figura 10

Conclusiones

Se logró llevar a cabo de manera exitosa la evaluación experimental de un nuevo calentador solar de aire de tipo V de doble paso. El colector es de baja concentración y el aire se precalienta en la cavidad formada por la cubierta, los reflectores y los receptores, para después terminar de calentarse cuando pasa por el interior de los receptores. La curva de eficiencia obtenida en función de $(T_i - T_a)/G$ tiene una ordenada al origen de 0.4596 y una pendiente de -10.958 para un flujo másico de 0.0174 kg/s.

Adicionalmente se hicieron de manera exitosa pruebas operativas de los calentadores de aire acoplados a la cámara de secado para el secado de manzana Golden Delicious y jitomate Saladet.

Agradecimientos

Al proyecto interno del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua RD2103.1 "Nexo Agua – Energía producción de alimentos y energía a pequeña escala con tecnología en turbina hidráulica y energía solar". Jonathan Ibarra-Bahena agradece al CONAHCyT por la beca posdoctoral otorgada a través del programa "Estancias Posdoctorales por México para la Formación y Consolidación de las y los Investigadores por México". Los autores agradecen a la L.A.G. Olga García Villa por su apoyo en la gestión del proyecto.

Referencias

- [1] Hollands K.G.T. A concentrator for thin-film solar cells, *Solar Energy*, 13, 149-163, (1971). [https://doi.org/10.1016/0038-092X\(71\)90001-6](https://doi.org/10.1016/0038-092X(71)90001-6)
- [2] Mohammad Alnajideen, Min Gao. A new configuration of V-trough concentrator for achieving improved concentration ratio of >3.0x. *Solar Energy Materials & Solar Cells* 245 (2022) 111877. <https://doi.org/10.1016/j.solmat.2022.111877>