

COLECTOR SOLAR PLASTICO DE AIRE

CASSINERA, A., ABALONE, R. y LARA, M. A.

Grupo de Energía Solar. IFIR - CONICET - UNR.
Av Pellegrini 250. 2000 ROSARIO.
TE: 041-211473 (int 120). FAX: 041-249515.

Resumen

En el presente trabajo se describen las características de un colector solar de aire construido íntegramente en polietileno. Consta de tres capas negras y una transparente, siendo las dos centrales (soldadas formando 12 canales) la parte colectora propiamente dicha y donde circula el aire. Las capas externas (superior transparente e inferior negra) cumplen funciones de aislación y protección mejorando la eficiencia. Se realizaron experimentos utilizando siete caudales de aire diferentes con lo que se determinó la curva de eficiencia, cuyos valores oscilan entre 40% (para el máximo caudal) y 5% (para el mínimo) aprox. Se hicieron, además, mediciones de temperatura en las diferentes partes del colector tanto en la zona de entrada como en la de salida a fin de evaluar los defectos o fallas de construcción así como las pérdidas de energía.

Introducción

El diseño y construcción del colector solar que se presenta fue motivado por la participación de los autores en el Proyecto Amaranto (PROA). Dicho proyecto, cuya sede es la Facultad de Agronomía de la U. N. La Pampa, tiene como objetivo la investigación de los diferentes aspectos del cultivo, el tratamiento post-cosecha del grano de Amaranto (*Amarantus cruentus*) y su difusión entre los productores.

Para el tratamiento post-cosecha se diseñó y construyó en la ciudad de Rosario un prototipo experimental para el secado de los granos, con aprovechamiento de la energía solar, que consta de: colector solar, secadero de bandejas vibratorias y motoventilador. Teniendo en cuenta las condiciones climáticas donde debía ser utilizado y la dificultad para trasladar los distintos componentes del equipo, se decidió la construcción de un colector solar plástico que teniendo una superficie total (sin aire) de aproximadamente 12m² puede ser transportado fácilmente por su escaso volumen. Además el sistema de montaje permite su colocación diaria (si es necesario) en forma rápida y sencilla.

Descripción y construcción

El colector consta de 4 capas de polietileno (una transparente y 3 negras). Las dos capas centrales se sueldan formando 12 canales a lo largo del colector. Las otras dos forman las cubiertas superior (transparente) e inferior.

La estructura central es la parte colectora propiamente dicha y de intercambio de calor con el aire circulante por sus canales.

Durante la operación, la cubierta inferior queda separada de la estructura central por una masa de aire estático, por lo cual cumple una doble función: protección mecánica y aislante térmico, debido a la baja conductividad térmica del aire.

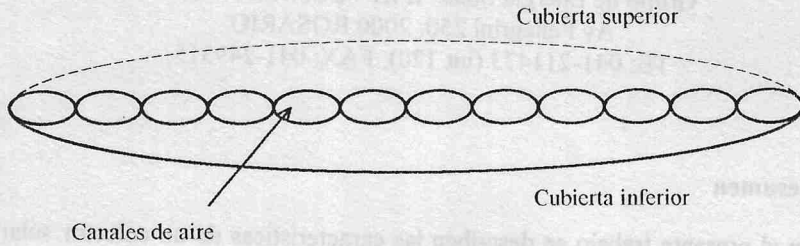


Fig. 1: Corte transversal del colector mostrando los 12 canales y las cubiertas.

La cubierta transparente cumple idénticas funciones que la anterior es decir protección mecánica y aislante térmico ya que disminuye el efecto del viento. Además dicha cubierta disminuye las pérdidas ópticas por lo cual mejora la eficiencia del colector.

La estructura central y la cubierta inferior fueron construidas en polietileno negro de 150 micrones. La cubierta transparente se construyó en polietileno UVLDT de 100 micrones.

Debido a las dimensiones y al diseño requerido no se consiguió un equipo standar para la construcción del colector por lo que, previamente, se debió construir un equipo de soldadura adecuado a las necesidades, optimizando la temperatura y el tiempo de exposición según la cantidad de películas y espesores involucrados en cada caso. De esta manera fue posible soldar hasta cuatro capas con un total de 550 micrones.

El colector posee un largo total de 6.5m y 1.9m de ancho total. Cada uno de los canales se formó con soldaduras a 15cm de distancia entre si. Las dimensiones del colector en funcionamiento son 6.5m x 1.60m.

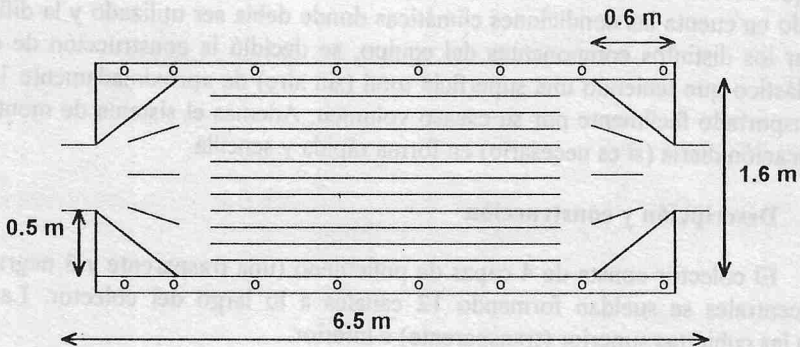


Fig. 2: Vista general del colector.

Debido a que este colector no posee estructura rígida, el aire debe ser impulsado a través de los canales centrales por medio de un motoventilador que toma aire ambiente. El

aire que se encuentra entre cada una de las cubiertas y la parte central se insufla al comenzar a operar y luego queda retenido sin que haya circulación.

El colector se monta sobre dos alambres tensados entre postes por medio de sogas pasantes por dos líneas de ojales (superior e inferior). Esta forma de montaje permite extenderlo o retirarlo con facilidad a fin de protegerlo de factores externos o inclemencias climáticas.

Como fue mencionado anteriormente, la construcción del colector fue totalmente artesanal. Esto determina que el costo total no pueda ser calculado con exactitud ya que el tiempo empleado incluye diversos aspectos como por ejemplo la puesta a punto del equipo para soldar el polietileno, etc, que no permiten estandarizar el valor de la mano de obra. Los materiales utilizados se consiguen fácilmente en el mercado y su bajo costo representa un escaso porcentaje del valor total si se lo compara con el trabajo empleado.

Evaluación térmica

Se realizaron dos tipos de experimentos para evaluar el comportamiento del colector y calcular su eficiencia.

En el primero de ellos se ensayó el colector con diferentes caudales, variando la abertura de un diafragma ubicado en la entrada del motoventilador. Se registraron datos de velocidad del aire para cada uno de los caudales utilizados y temperatura del aire a la entrada y a la salida del colector, como así también la radiación solar incidente en el plano del mismo. Teniendo en cuenta que este experimento se realizó en un lapso de 30 minutos durante el mediodía, con cielo claro, se tomó la radiación media de ese período para el cálculo de la eficiencia. En la Tabla 1 se dan los valores para cada experimento.

El segundo experimento consistió en ensayar el colector durante un período prolongado, entre las 8:30 y las 16:30 horas, con un caudal de aire constante, registrando datos de temperatura de entrada y salida y radiación solar. Con la finalidad de testear los cambios de temperatura en las diferentes partes del colector a lo largo del día, se colocaron termocupas (ver fig. 3) y se registraron sus mediciones cada 10 minutos.

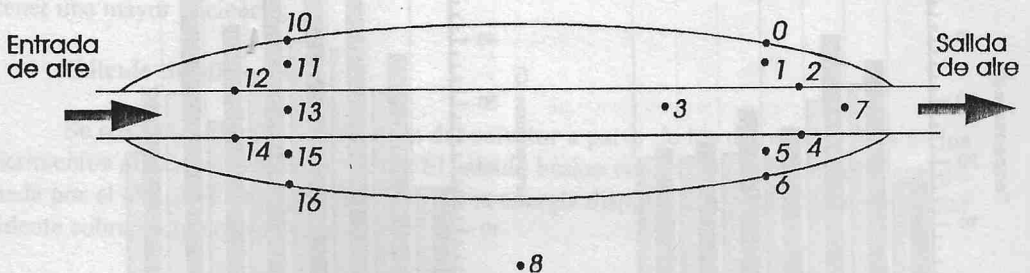


Fig. 3: Corte longitudinal del colector mostrando la distribución de termocupas.

En la fig. 4 se muestran las temperaturas de entrada y de salida del aire junto a la radiación incidente sobre el plano del colector. Puede observarse que la temperatura de

salida del aire sigue la misma evolución que la radiación solar. Debido a que la resistencia térmica de los materiales es prácticamente nula, las variaciones bruscas de radiación (nubes, por ej. entre las 9 y 10:30 hs) se reflejan inmediatamente en la temperatura de salida del aire.

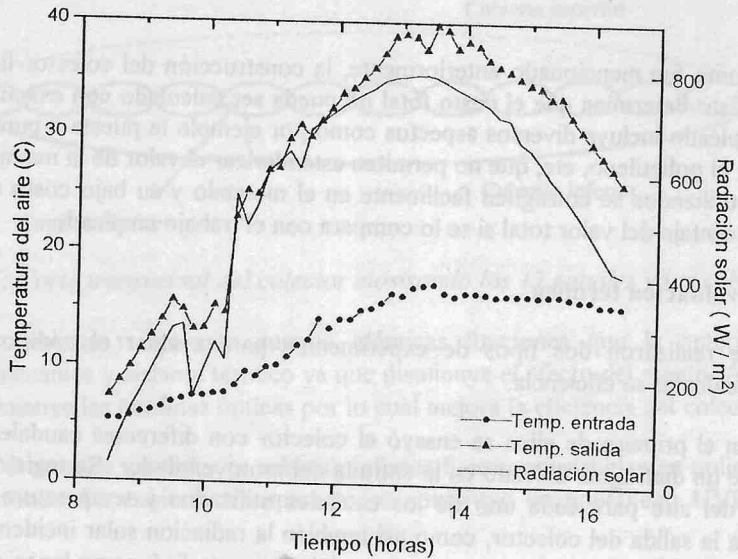
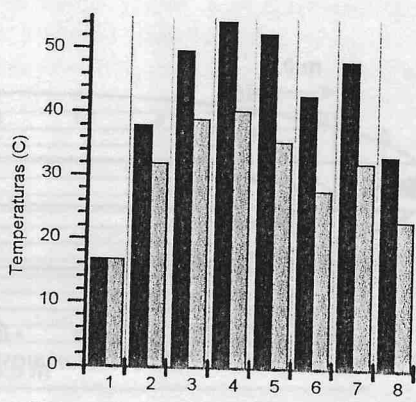
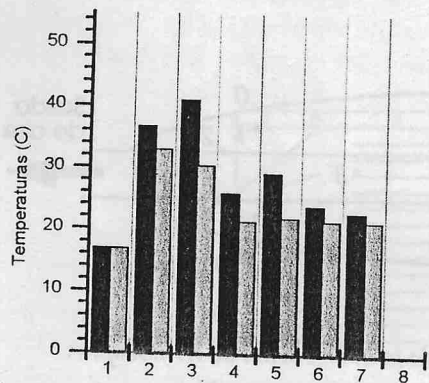


Fig. 4: Temperatura de entrada y salida del aire al colector en función del tiempo y radiación solar incidente sobre el plano del colector.

En las fig. 5 a y b) se muestran las temperaturas para cada termocupla en la zona de entrada y de salida del colector respectivamente. En estas últimas se presentan los datos medidos para dos caudales, el máximo (barras grises) y el mínimo (barras negras) utilizado, en horas del mediodía.



Termocuplas: 1: corresponde a temperatura ambiente, 2 a 7 corresponden a termocuplas 11 a 16

Termocuplas: 1: corresponde a temperatura ambiente, 2 a 8 corresponden a termocuplas 0 a 6

a) zona de entrada

b) zona de salida

Fig 5: Distribución de temperaturas en las distintas zonas del colector



TABLA 1.

ϕ del diaf. [cm]	Caudal [m ³ min]	Temp. entrada [C]	Temp. salida [C]	Rendimiento
2	0.35	17.1	55.6	0.038
4	1.6	17.1	48.7	0.123
6	2.5	17.1	45.6	0.219
8	3.8	17.1	40.9	0.273
10	5	17.1	38.1	0.32
12	5.9	17.1	35.2	0.333
15	7.2	17.1	34.4	0.388

Distribución de temperaturas.

Parte superior: La temperatura de la cubierta transparente (termocuplas 0 y 10) no puede ser analizada ya que accidentalmente la termocupla 10 se corrió de su posición, pero es de esperar que ambas temperaturas sean similares.

En la capa de aire entre la cubierta transparente y la superficie colectora, deberían registrarse temperaturas similares, sin embargo se observa una diferencia entre la zona de entrada y salida. Esto demuestra que el colector tiene pequeñas roturas o fallas en las soldaduras que permiten el ingreso de aire fresco a esta capa.

La diferencia de temperatura entre los puntos medidos sobre la superficie colectora (termocuplas 12 y 2) está directamente relacionada con el caudal de aire circulante debido a la transferencia de calor. Este efecto puede verse también en la diferencia entre las termocuplas 13 y 3. En la zona de entrada del colector se verifica un pequeño ΔT entre el máximo y el mínimo caudal, en cambio a la salida, este ΔT es mucho mayor. Esto se refleja en el rendimiento del colector (fig. 6).

Parte inferior: Las temperaturas que se observan en la capa de aire y en la cubierta inferior demuestran que también en este caso hay fisuras o fallas de soldadura que permiten el ingreso de aire ocasionando un aumento de las pérdidas por convección. Puede verse que las temperaturas en las zonas 16 y 6 son mayores para el caudal menor. En el caso del caudal mayor, estas temperaturas son más cercanas a la ambiente, lo cual es deseable para obtener una mayor eficiencia.

Cálculo de eficiencia

Se realizó el cálculo de eficiencia del colector a partir de los datos obtenidos de los experimentos presentados anteriormente. El cálculo básico consiste en determinar la energía ganada por el aire al circular por el colector y la energía disponible, es decir la energía solar incidente sobre la superficie del colector.

La energía ganada por el aire es:

$$Q_u = mc_p (T_s - T_e)$$

donde m es la masa de aire por unidad de tiempo que circula, T_s y T_e las temperaturas de salida y de entrada del aire resp. y c_p el calor específico del aire.

La energía solar incidente sobre la superficie del colector es:

$$E_s = A_c G_t$$

donde A_c es el área efectiva del colector y G_t es la energía incidente por unidad de área medida en el plano del colector.

La eficiencia del colector queda definida por:

$$\eta = \frac{m c_p (T_s - T_c)}{A_c G_t}$$

En la fig. 6 se muestran, en función de $(T_m - T_a) / G_t$, los valores obtenidos de eficiencia, donde T_m es la media entre la temperatura de salida y de entrada y T_a es la temperatura ambiente. Se consideró T_m como la temperatura de trabajo del colector debido a que T_c (temperatura de entrada) coincide con la temperatura ambiente (ver Tabla 1).

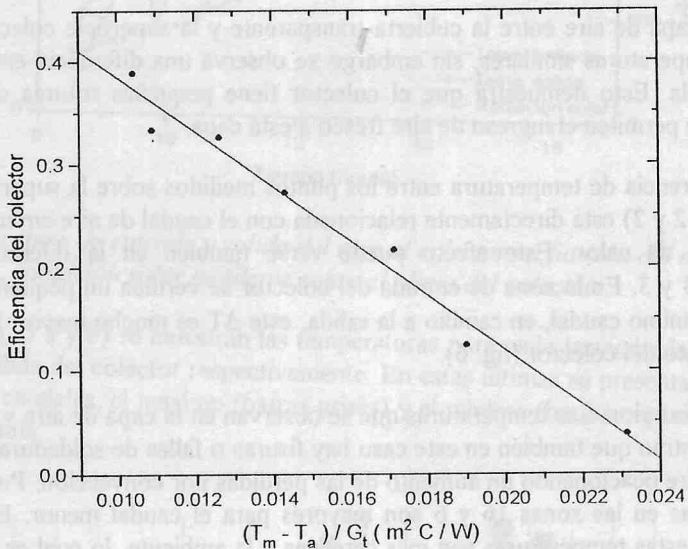


Fig. 6: Eficiencia del colector.

Conclusiones y perspectivas

Los resultados obtenidos arrojan un balance positivo teniendo en cuenta que para la construcción de este colector se utilizaron materiales de bajo costo, disponibles en el mercado y que es de fácil construcción, traslado e instalación.

Con los colectores de este tipo debe tenerse especial cuidado en su manipulación y conservación ya que es especialmente vulnerable a las roturas.

Las experiencias realizadas indicaron cuales son los puntos débiles en la estructura que deben ser tenidos en cuenta en futuros diseños.

En una próxima etapa de evaluación del colector se deberá analizar su duración en función del deterioro de los materiales, condiciones de operación y manipulación, como así también la optimización de sus dimensiones.

Bibliografía

DUFFIE, J. A. and BECKMAN, W. A. 'Solar Engineering of Thermal Processes'. A Wiley - Interscience Publication. 1980.

OWER, E. and PANKHURST, R. C. 'The measurement of air flow'. Pergamon Press. 1977.

CORTES, A. 'Estudio sobre el secado solar de granos y colectores a flujo de aire'. Tesis doctoral. Universidad Nacional de Rosario. 1988.

RESUMEN

El presentamiento de este trabajo es un caso interesante de aplicación de la energía solar durante la recuperación de temperatura refrigerante bajo del proceso. Las localidades rurales más aisladas donde se encuentran este tipo de establecimientos están lejos de fuentes de energía convencionales. Se presenta el diseño para una planta de procesamiento de maíz, incluyendo las características del diseño. También se analizan algunos problemas del ambiente al proceso de diseño y el desarrollo mismo de la planta.

INTRODUCCION

Para comercializar la miel se requiere realizar un proceso previo de refrigeración y así luego evaporación. En este proceso, el producto se debe enfriar por 70°. Hay una necesidad de aplicación de la energía solar resulta interesante por las siguientes razones:

1. La producción de miel ocurre en una gran zona agrícola de regiones en zonas rurales aisladas, en donde las tierras propicias para su cultivo son de los ríos, en zonas de inundar y sus pendientes fuertes. Además, la producción de miel ocupa poco espacio en establecimientos ubicados en zonas de alta producción y favorece la explotación de frías.
2. Los establecimientos de procesamiento y curado de tipo de procesamiento de miel pueden hacer acceso a fuentes de energía convencionales de costo accesible. El costo total de construcción de un establecimiento como gas natural, hecho importante sobre costos laborales de administración y transporte.
3. Es un sistema a escala muy pequeña, que no requiere circuitos complejos, permitiendo aplicar la mayor eficiencia de colectores solares planos a bajas temperaturas.
4. Climas templados del país, donde por una estación 2000 en promedio, con una intensidad de energía solar relativamente constante, comparada con la zona de mayor demanda de miel y demandada de energía solar.
5. La zona donde se encuentra la miel permite producir el uso de la energía solar como parte de la energía utilizada en el proceso.
6. El proceso de tratamiento y curado de miel se realiza permitiendo el almacenamiento de miel que a través de un sistema de almacenamiento que se realiza en computadores en una instalación profesional.
7. Con los excedentes de energía solar se puede utilizar para el desarrollo de un sistema de energía de miel cristalizada en el momento de la zona de producción del producto.