

EVALUACION DETALLADA DE UN DESTILADOR SOLAR COLECTOR ACUMULADOR

Javier Zizzias¹, Amílcar Fasulo^{1,2}, Fabián Venier¹, Javier Marchesi¹ y Luís Odicino²

¹Universidad Nacional de Río Cuarto, Ruta Nac. N° 36 Km. 601

5800 Río cuarto Tel. 0358-4676485-e-mail jzizzias@ing.unrc.edu.ar

²Universidad Nacional de San Luis, Chacabuco y Pedernera

5700 San Luis Tel. 2652-424689 int. 103.

RESUMEN: Se presenta en este trabajo un estudio detallado del funcionamiento de un destilador solar contenido en un colector solar acumulador. La evaluación se efectuó a partir de datos experimentales registrados: radiación, temperaturas del agua y del ambiente y producción. Se analizó el rendimiento del destilador y se definió la eficiencia combinada para el conjunto destilador-colector. Se planteó una ecuación de balance de energía para la masa de agua contenida en el dispositivo, definiéndose en ésta un factor de eficiencia global. La partición del día en periodos diurnos y nocturnos permitió determinar los elementos del balance. Se determinaron las pérdidas térmicas que se producen por el acumulador y por la cúpula del destilador. Finalmente se calculó el factor de eficiencia global. Los resultados muestran que el dispositivo posee elevada capacidad para convertir radiación solar en térmica y además nos muestran defectos a corregir. Se presentan los resultados mediante gráficos y tablas.

Palabras claves: Destilador solar, colector acumulador integrado, pérdidas de calor, eficiencia global.

INTRODUCCION:

Es sabido que la producción de agua destilada por medio de un destilador de batea simple es muy limitada. Es por ello que desde hace varios años se estudian distintos tipos de destiladores asistidos térmicamente. Sampathkumar (2010) hace una recopilación importante de numerosos dispositivos evaluados en los últimos años, los cuales al ser comparados con el destilador de batea simple deja en evidencia la importancia de la asistencia térmica. En nuestro país se han iniciado recientemente experiencias para incrementar la producción mediante el acoplamiento de colectores solares a destiladores solares con acumulador (Marchesi, et al., 2007, 2008, 2009). Por otro lado en los últimos años en tareas conjuntas entre el Laboratorio de Energía Solar (LES) de la Universidad Nacional de San Luis y el Grupo de Energía Solar de la Universidad Nacional de Río Cuarto se desarrolló un colector solar acumulador monotanque, CSA. A partir de este dispositivo se diseñó un destilador solar colector acumulador, DSCA, de características originales a nivel internacional. (Esteban et al, 2000, 2002, Fasulo et al 2008). Este posee la doble función de colector solar acumulador y destilador solar. La gran inercia térmica del dispositivo hace que la producción de destilado se prolongue durante la noche con igual nivel de producción que durante el día. Su comparación con un destilador batea convencional ha demostrado que el aporte del colector acumulador incrementa la producción hasta un 77%. (Esteban et al 2002). Si bien se han realizados estudios, tanto del CSA, actuando únicamente como colector, (Fasulo et al.1997, 2002, Barral et al. 2001), como del conjunto colector-destilador (Esteban et al., 2004-2006, Ducculi et al 2008), se considera que estos estudios necesitan ser profundizados para conocer el verdadero potencial del dispositivo, de forma tal de poder lograr la optimización en el diseño. Esta presentación es consecuencia del inicio de esos trabajos.

Las características enteramente nuevas del dispositivo, que es la vez colector solar acumulador y destilador solar, hacen que tanto uno como otro operen en condiciones óptimas. Por un lado es conocido que un calefón solar opera en óptimas condiciones cuando se produce la extracción de agua caliente en horarios próximos al medio día y no cuando esta se efectúa al final del día o se deja para el día siguiente. Esto es así por que el tanque de acumulación opera a temperaturas más bajas y consecuentemente se reduce sus pérdidas térmicas. En el DSCA la extracción de energía se produce continuamente, en consecuencia siempre este acumulador se encuentra a temperaturas más bajas que si trabajase como acumulador de un calefón solar. Por otro lado como se menciona, el destilador al estar asistido por el colector y debido a la inercia térmica de éste, puede seguir produciendo durante la noche en el mismo nivel que durante las horas de radiación solar.

En primer término se analizará al dispositivo en la forma tradicional, esto es como un destilador solar. En una segunda etapa se tratará de determinar su comportamiento como destilador y como colector acumulador, analizando para ello el periodo diurno separado del nocturno. Se definirá una eficiencia combinada destilador- colector solar acumulador, que se determinará a partir de medir la evolución térmica del agua dentro del acumulador, la producción de agua destilada, la radiación incidente sobre el dispositivo y la temperatura ambiente. En una tercera etapa se hará un análisis energético a partir de la masa de agua contenida en el dispositivo, de la masa que sale en forma de destilado, de la energía que ingresa a esta masa y se transforma en térmica y de las pérdidas térmicas que ésta sufre. Finalmente se determinará la energía térmica que sale desde la masa de agua por los laterales del acumulador y la que sale por la capa superior del agua del acumulador.

DESCRIPCIÓN DEL DISPOSITIVO:

El colector esta constituido por un tanque cilíndrico de acero inoxidable, con su superficie exterior cubierta por una superficie selectiva y sus dimensiones son 0,8m de diámetro y 1,20m de alto. Este está rodeado por dos laminas de policarbonato alveolar, de 0,004 m de espesor, separadas entre sí por aproximadamente 0,02m de distancia.

En el extremo superior del tanque se encuentra montado un destilador tipo batea. Este es de acero inoxidable, de 1,20m de largo, 0,83 de ancho y 0,08m de alto. La base de la batea tiene una abertura circular de igual diámetro que la del tanque y es por donde se comunican, mediante soldadura ambas partes. La cubierta del destilador es de vidrio, esta apoyada sobre un marco de acero inoxidable que posee dos canales en forma de U, uno invertido con respecto al otro. Uno, interior al marco, tiene por función coleccionar el agua destilada que desliza por las cubiertas vidriadas y transportarla al exterior del destilador. El otro de estos canales, exterior invertido, tiene por función alojar un tabique de policarbonato celular de 10 mm de espesor, que va entre el marco y el fondo de la batea, tiene las siguientes funciones: 1) Asentar sobre la batea el peso del marco con la cubierta de vidrio. 2) Establecer un sello que permita aislar la atmósfera interior del destilador del medio ambiente. 3) Separar térmicamente la cubierta vidriada del agua de la batea. Esta cubierta es desmontable con un diseño similar al utilizado por Follari (1994) para construir los destiladores solares livianos desmontables. En la figura se observa un corte transversal del el diseño mencionado.

Diagrama, corte transversal del destilador solar acumulador.

- 1-Marco de acero inox. Canales y soporte placas de vidrio.
- 2-Material aislante, recubre parte inferior de la batea de acero inox.
- 3-Chapa metálica protectora de 2.
- 4-Membrana de plástico, perforada Cubre fondo de la batea.
- 5-Interior del tanque de acero inox.
- 6-Dos cubiertas concéntricas de poli carbonato celular de 4 mm. De espesor.
- 7-Placa deflectora del flujo de agua.
- 8-Tubo ingreso de agua cruda.
- 9-Soporte de material aislante.
- 10-Tubo descarga exceso de agua.
- 11-Una termocupla sobre el vidrio, una en la batea y 4 en el Interior del tanque

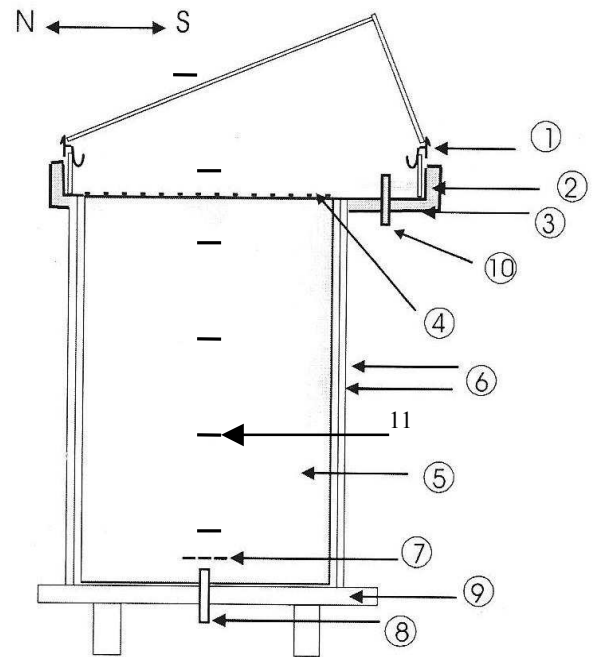


Figura 1 . Esquema y referencias del Destilador Solar Acumulador usado en nuestra experiencia

Para su evaluación se midieron en el mes de julio, la producción diurna, nocturna y diaria de agua destilada (m) en Kg., la radiación global horizontal y la directa normal, la temperatura ambiente (T_a), la de batea y la de 4 puntos del agua del tanque (T_w). Además se midió la humedad (h).

PRODUCCION Y RENDIMIENTO DIARIO:

Para determinar el rendimiento es necesario calcular la radiación que incide sobre todo el dispositivo.

Como se menciono se midieron la radiación global horizontal I y la directa horaria I_n , ambas en MJ/m^2 . Con estas se obtiene la difusa I_d :

$$I_d = I - I_n \cos\theta_z \quad (1)$$

y también la radiación sobre una superficie vertical siguiendo al sol, $I(90^\circ)$:

$$I(90^\circ) = I_n \text{sen}\theta_z \quad (2)$$

Por último se calcula la radiación total recibida por el dispositivo.

$$H = S_b * \Sigma I + 0,5 * S_c * \Sigma I_d + S_c / 2 * \Sigma I(90^\circ) \quad (3)$$

En esta expresión S_c es la superficie total del colector y S_b la superficie de la batea, todas en m^2 y Σ significa que es sobre todas las horas con sol del día.

La tabla 1 nos muestra la producción diaria. Por rendimiento se debe entender aquel que esta caracterizado a través de la ganancia GOR (Gained Output Ratio), que representa el calor necesario para evaporar el agua producida en un cierto intervalo de tiempo con respecto a la energía recibida en ese mismo intervalo de tiempo. Para su cálculo se utilizo la expresión dada por Howe (1974):

$$G.O.R. = \Delta h * m / H \quad (4)$$

Donde:

Δh es el cambio de entalpía desde el agua fría a vapor (2,5MJ/Kg.),
 m es la masa de destilado en Kg/día.,
 H es la radiación solar diaria total recibida por el dispositivo en MJ.

Día	m Kg./día	Tam °C	H(Total) MJ	GOR %
10	1,85	6,60	23,69	19,52
11	1,70	11,50	29,09	14,63
12	1,89	11,90	29,3	16,10
13	2,33	6,30	30,49	19,11
14	1,48	10,60	26,27	14,08
15	1,59	10,40	22,09	18,01
16	2,00	11,90	29,49	16,94
17	1,67	12,90	23,9	17,42
18	1,37	14,00	27,78	12,32
19	1,11	13,80	17,31	16,03
20	1,07	11,50	11,79	22,75
21	0,81	5,60	8,05	25,28
22	1,41	1,30	28,05	12,53
23	1,85	3,70	31,46	14,70
24	1,48	8,30	32,06	11,54
25	1,55	9,10	30,29	12,83
26	2,07	10,50	31,8	16,29
27	1,89	11,80	29,03	16,25

Tabla 1: Se observa la producción diaria, la temperatura Ambiente media diaria, radiación total y eficiencia

De la tabla 1 se obtiene los gráficos 1 y 2.

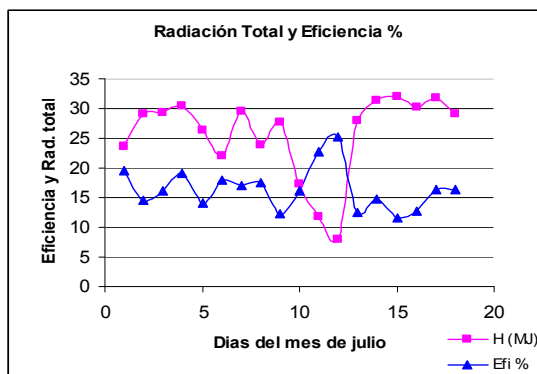


Figura 2: Radiación total y eficiencia en %

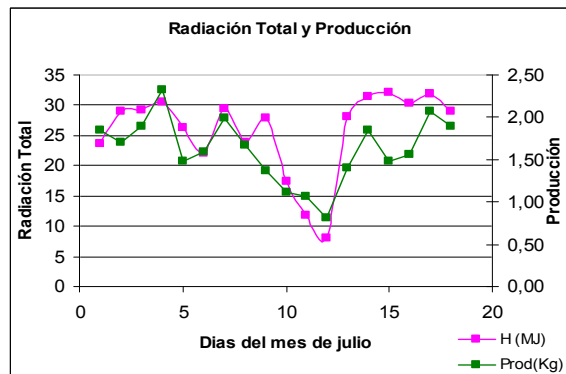


Figura 3: Radiación totales y producción en Kg.

En el gráfico 1 se observa que la eficiencia crece fuertemente luego de que a una secuencia de días soleados le sigue un día nublado. Esto se entiende que es así debido a que la producción continúa a costa de la energía acumulada en el tanque en esos días soleados.

En el gráfico 2 se observa como la producción sigue en general a la radiación. En los 4 primeros días medidos, la producción se eleva casi en forma exponencial producto de una suba permanente en la radiación y luego a partir del quinto día donde la radiación disminuye en forma permanente lo mismo ocurre con la producción. Sin embargo las pequeñas fluctuaciones de la producción no acompañan en la misma proporción las fluctuaciones de la radiación.

EVALUACIÓN DEL DISPOSITIVO COMO ACUMULADOR DE CALOR Y DESTILADOR.

Se plantea ahora una evaluación del dispositivo en sus dos funciones, como colector - acumulador de calor y como destilador. Para alcanzar este objetivo se propone: a) Definir una eficiencia diaria combinada y b) Un balance de energía que tome en cuenta las ganancias y las pérdidas térmicas del dispositivo.

Eficiencia Combinada Del Dispositivo

Se define ahora con la ecuación (5) la eficiencia combinada del dispositivo. Esta indica cuan eficiente es el dispositivo para producir agua destilada y para absorber energía en el tanque, la cual se pone de manifiesto al aumentar la temperatura del mismo.

$$Efic = \frac{\Delta h \cdot m + c_e \cdot M \cdot (\Delta T_w)}{H} \quad (5)$$

Donde H es la radiación total diaria recibida, Δh es el cambio de entalpía desde el agua fría al vapor (2,5MJ/Kg), C_e es calor específico del agua (4,19kJ/kg), m la masa del destilado, M es la masa del agua contenida en el acumulador y en el destilador, ambas en Kg y ΔT_w es la diferencia de temperatura media del acumulador entre el inicio y el final de cada periodo de evaluación.

Se puede ver en la tabla 2 los resultados de estos cálculos para los días 22 al 27 (periodo a partir del cual se comenzó a medir las temperaturas en el interior del acumulador).

Día	Prod. kg	ΔT_w °C	H MJ	Efic
22	0,85	4,06	28,05	0,44
23	1,22	5,4	31,46	0,53
24	0,96	5,86	32,06	0,54
25	0,56	5,34	30,29	0,49
26	1	5,86	31,8	0,55
27	1	5,6	29,03	0,58
Prom.	0,93	5,35	30,45	0,52

Tabla 2: Determinación de la eficiencia combinada colector-destilador

Se observa que el dispositivo alcanza una eficiencia máxima para los días medidos del 58% con un promedio del 52%. Este es un resultado importante, pues tener un 58% de eficiencia extraíble del dispositivo no es despreciable. Esto estaría diciendo que la operación combinada es la que optimiza al aparato.

Balance de energía. Cálculo de las pérdidas térmicas y del factor de eficiencia global.

Para realizar una evaluación del dispositivo, tanto como colector-acumulador y como destilador, se plantea un balance energético, a partir de las temperaturas internas del acumulador y de la producción del destilado. (Fasulo et al., 2009)

$$Fe \cdot H = \Delta h \cdot m + c_e \cdot M \cdot (\Delta T_w) + P \quad (6)$$

Donde Fe es un factor de eficiencia global que establece cuanto de la energía incidente sobre los dispositivos se transforma en calor del acumulador y en destilado y P son las pérdidas térmicas. Se desprecia por ser insignificante la energía absorbida por el material. La ecuación (6) contiene en principio dos incógnitas: Fe y P. Vamos entonces a calcular las pérdidas para luego con estas calcular Fe.

Para realizar estos cálculos se consideraron tres periodos de evaluación: Diurno, que cubre las horas del día con radiación solar, nocturno que considera las horas del día sin radiación y por ultimo diario que contiene los dos anteriores.

Para el periodo nocturno, conociendo los cambios de temperatura en el acumulador y el agua destilada producida en ese periodo, se puede realizar el cálculo de las pérdidas de todo el dispositivo utilizando la ecuación (6). Con $H = 0$ esta queda:

$$0 = \Delta h \cdot m + c_e \cdot M \cdot (\Delta T_w) + P \quad (7)$$

Para determinar las pérdidas térmicas que se producen solo por el acumulador se quita la cúpula destiladora y en su lugar se aplica una plancha de poliestireno expandido de 0.1 m de espesor. Se incorpora un resistor de 1500 vatios de potencia en el interior del acumulador, a unos 0.2 m. de distancia del borde superior. También usando las conexiones de entradas de fluido que posee el acumulador en sus extremos superior e inferior, se instala un conducto con una pequeña bomba eléctrica para hacer recircular el fluido. Se conecta el resistor a 220 voltios mientras se mantiene en recirculación el agua del acumulador, hasta que la temperatura en su interior alcanza unos 70 °C. A partir de este instante se inicia el periodo de estudio de

enfriamiento del acumulador. En las gráficas 2 se puede ver la evolución térmica del acumulador, en función del tiempo. Con la relación (8) se obtienen las pérdidas por el acumulador.

$$0 = c_e \cdot M \cdot (\Delta T_w) + P \quad (8)$$

Las pérdidas térmicas, en MJ, en función de la diferencia de la temperatura media del agua en el acumulador y la temperatura media del ambiente, datos tomados durante los periodos nocturnos del proceso de enfriamiento, se muestran en el gráfico 3.

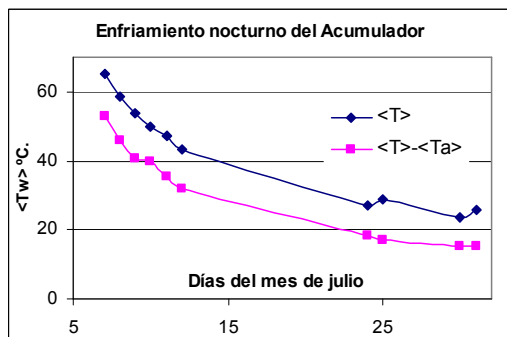


Figura 4. Enfriamiento nocturno del acumulador, temperatura media del agua, de la diferencia de esta con la temperatura media ambiente en función del tiempo

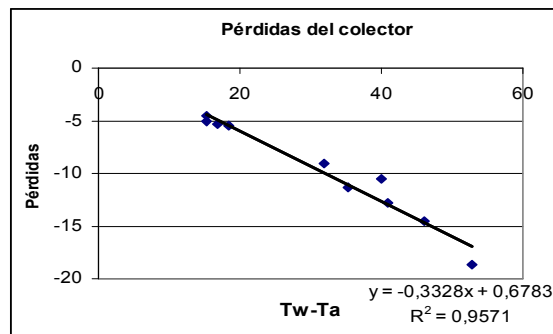


Figura 5 Las pérdidas térmicas del acumulador en función de la diferencia entre la temperatura media del agua con la temperatura media ambiente.

Como resultado de esta experiencia se obtiene la curva de enfriamiento del acumulador del DSCA.

$$P(\text{acumulador}) = 0.68 - 0.33(T_w - T_a) \quad (9)$$

A partir de esta relación se puede calcular las pérdidas que se producen por el tanque actuando el dispositivo completo, es decir como colector-acumulador y destilador. Si a las pérdidas totales del DCSA obtenidas con la ecuación (7) se le resta estas últimas, se obtiene las pérdidas que se producen a través del destilador. Con esto ya se tiene las pérdidas totales nocturnas del dispositivo discriminando cuales son a través del colector y cuales a través del destilador, notándose que estas últimas son en promedio un 15% mayor que las primeras, como se puede ver en la tabla 3. En esta se pueden leer los siguientes datos: Temperatura media ambiente T_{am} , temperatura media del tanque T_{wm} , pérdidas del conjunto colector-destilador, pérdidas del colector y pérdidas en el destilador.

Días	ΔT_w °C	T_{am} °C	T_{wm} °C	$T_{wm}-T_{am}$ °C	Perd. C-D MJ	Perd. C MJ	Perd. D MJ
22	-4,94	-0,1	17,71	17,81	-11,03	-4,34	-5,80
23	-4,62	2,8	18,33	15,53	-10,04	-4,01	-5,56
24	-4,04	7,3	20,04	12,74	-8,86	-3,62	-5,31
25	-4,38	6,1	21,09	14,99	-8,51	-3,50	-4,21
26	-5,14	7,4	22,19	14,79	-10,24	-4,08	-6,01
27	-4,68	9,1	22,88	13,78	-9,55	-3,85	-5,65
Prom.	-4,63	5,43	20,37	14,94	-9,705	-3,90	-5,42

Tabla 3: Determinación de las pérdidas nocturnas del colector, del conjunto colector-destilador y totales

Se puede ver que las pérdidas térmicas nocturnas son elevadas; en promedio un 32% de la energía que llega al dispositivo durante el día se pierde durante la noche.

Para calcular las pérdidas diurnas se sigue el mismo procedimiento. Empleando la ecuación (9) con los datos de ΔT_w obtenidos en los periodos diurnos se obtienen las pérdidas térmicas desde el acumulador. A partir de estas y bajo la suposición de que las pérdidas térmicas por la cúpula vidriada se mantienen en la misma proporción que la relación nocturna encontrada, esto es un 15% por encima de las pérdidas del acumulador, se asignan valores a las pérdidas desde la cúpula para el periodo diurno. Se obtiene con esto las pérdidas diurnas totales. Por ultimo conociendo las pérdidas se puede calcular F_e utilizando la ecuación (6).

Día	Prod. Kg	Tam °C	Twm °C	Tw-Ta °C	H. MJ	Δ Tw °C	Perd C MJ	Perd D MJ	Perd T MJ	Fe
22	0,85	2,70	18,15	15,45	28,05	4,06	-4,46	-4,94	-9,41	0,78
23	1,22	4,50	17,94	13,44	31,46	5,40	-3,79	-4,71	-8,51	0,80
24	0,96	9,40	18,96	9,56	32,06	5,86	-2,50	-3,74	-6,25	0,73
25	0,56	12,20	20,08	7,88	30,29	5,34	-1,94	-1,90	-3,85	0,62
26	1,00	13,50	21,51	8,01	31,80	5,86	-1,99	-2,82	-4,81	0,69
27	1,00	14,50	22,42	7,92	29,03	5,60	-1,96	-2,84	-4,80	0,74
Prom.	0,93	9,47	19,84	10,38	30,45	5,35	-2,77	-3,49	-6,27	0,72

Tabla 4: Determinación de las pérdidas diurnas del colector, del destilador, del conjunto colector-destilador y del factor de eficiencia Fe.

En la tabla 3 se observan los resultados obtenidos. Estos indican valores para Fe entre 62% y 80%, con una media del 72%. Básicamente significa que el 72% de la energía recibida por el dispositivo es absorbida y gran parte de esta es utilizada para la producción de destilado y para el calentamiento del agua en el colector. Sin embargo si se observan los valores de producción se concluye que solo una pequeña parte de la energía almacenada se utiliza para la producción de destilado. Se observa también que las pérdidas por el destilador son grandes y no tantas por el colector a pesar de que este posee una gran superficie en contacto con el medio ambiente.

DISCUSIÓN

¿Qué representa el factor Fe?, ¿Es una eficiencia óptica? La ecuación (6) establece que es la porción de radiación solar que llega al dispositivo y se convierte en energía utilizable, esto es, calor que genera agua destilada durante el periodo diurno y nocturno y aumento en la temperatura del colector. Esta expresión aplicada por primera vez para describir el mismo proceso en un destilador con acumulador, térmicamente aislado y conectado a colectores solares planos, no puede interpretarse como una eficiencia óptica. No es una eficiencia óptica por que además de contener las eficiencias ópticas de los colectores y del destilador, da cuenta también de las pérdidas térmicas de los colectores solares planos y de los conductos que transportan el agua caliente desde estos al acumulador.

Analizada para el DSCA, Fe toma la forma de una eficiencia óptica, pues da cuenta de la energía que no llega a transformarse en térmica por que es reflejada por las cubiertas vidriadas del destilador y las cubiertas dobles del acumulador, siempre que se desprece la energía absorbida por los materiales que forman el dispositivo y no llega al agua. Las reflexiones son cambiantes en todo instante y época del año. Es así por que en las primeras y últimas horas del día la radiación incide normal a la superficie del acumulador y en cambio es rasante, con reflexión total, sobre la placa principal del vidrio del destilador. Esta situación cambia continuamente durante el día y durante cada día del año. Por estas causas resulta en la práctica imposible de evaluar y se justifica el uso de un factor global medio, que de cuenta de ellas.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos muestran que la eficiencia del dispositivo es alta, esto es que un 72 % de la radiación solar es convertida en energía térmica. Por otro lado mediante la definición de eficiencia combinada se concluye que el 58% de la radiación solar es efectivamente utilizada en la producción de destilado y en el calentamiento de agua. Estos valores dan una pauta de los próximos pasos a realizar en el estudio de este dispositivo. En principio estudiar cómo aprovechar la energía que fuga por el vidrio del destilador, ya que al mantenerse la temperatura de la batea en niveles bastante altos durante la noche, la energía que está en juego no es poca, y debe ser utilizada. Una alternativa a analizar es la utilización de un destilador multietapa (Franco, 1992). También se debe estudiar si la forma en que está diseñado este dispositivo es o no la más adecuada para aprovechar la energía que es capaz de almacenar.

REFERENCIAS:

- Barral J., Morichetti G., Galimberti P. y Fasulo A, Evaluación de la energía absorbida por un colector acumulador integrado monotanque con cubiertas de policarbonato alveolar; AVERMA. Vol 5, 2001.
- Ducculi E, Marchesi J, Barral J, y Fasulo A (2008), Simulación numérica de un destilador solar asistido con un colector acumulador; AVERMA, Vol. 12, 2008.
- Esteban C., Franco J. y Fasulo A. Destilador solar asistido con colector solar acumulador; AVERMA, Vol. 1, 3.39 2000
- Esteban C., Franco J. y Fasulo A. Evaluación experimental de un destilador colector solar acumulador; AVERMA, Vol. 6, N1 2002
- Esteban C., Fasulo A y Franco J. Perdidas térmicas del destilador solar asistido con colector solar acumulador, XII Congreso Ibérico y VII Congreso Ibero-Americano de energía solar, Vigo España 2004

- Fasulo A, Perello D y Follari J. (1997) Un colector solar acumulador; AVERMA, Vol 1, 93-96.
- Fasulo A, Follari J. y Barral J. Un nuevo colector solar acumulador; Energías Renovables y Medio ambiente, Vol. 10, 43-49 2002.
- Fasulo A., Odicino L., Adaro J. y Marchesi J. Balance energético desde el acumulador, en dos destiladores solares, uno sin y otro con aporte de energía desde colectores solares planos; AVERMA, Vol 13, 2009.
- Franco J, Saravia, L, Destilador Solar Multietapa, 15 Actas Asades, Catamarca 1992.
- Marchesi J., Ducculi E, Adaro J. y Fasulo A., Sistematización de las mediciones de producción y temperaturas de destiladores solares en la U.N.R.C.; AVERMA, 2007.
- Marchesi J., Ducculi E, Adaro J. y Fasulo A Comparación del rendimiento de un destilador solar de batea básico respecto de un destilador asistido térmicamente, AVERMA, 2008.
- Marchesi J., Galimberti P., Tobares N., Adaro J. y Fasulo A, Determinación experimental de la producción de un destilador solar respecto a la temperatura del agua en la batea; AVERMA, 2009.
- Sampathkumar K., Arjunan T.V., Pitchandi P. y Senthilkumar P. Active solar distillation-A detailed review, Renewable and Sustainable Energy Reviews 14, 1503-1526 , 2010

ABSTRACT: This work presents a detailed study of a still included in an integral collector storage system. The evaluation of the still was performed from recorded experimental data: radiation, water and ambient temperatures, and distillate production. The still behavior was analyzed and a combined efficiency was defined for the still-collector arrangement. A balance energy equation for the water mass contained in the prototype was derived, from which a global efficiency factor was defined. The division of the day in diurnal and nocturnal periods allowed for the determination of the energy balance elements. The heat losses through the accumulator and the transparent covers of the still were determined. Finally, the global efficiency factor was calculated. The results, presented by means of plots and tables, show that this prototype has a high capacity to convert solar radiation to thermal energy and it is also useful for the detection of deficiencies to be corrected.

Keywords: Solar still, integral collector storage system, heat losses, global efficiency.