

ESTUDIO DE EVALUACION DE EFICIENCIA DE UN CALENTADOR SOLAR DE TUBOS AL VACIO CON TANQUE ACUMULADOR, DE LA EMPRESA D'SOL

Alberto Montoya P. Ernesto Palo T. Wilson Cabana H. Lourdes Soria G.

Universidad Nacional de San Agustín

Escuela Profesional de Física

Laboratorio de Energías Renovables y del Ambiente

almontoyap@hotmail.com, debíanaqp@gmail.com, will1000@hotmail.com, lsoria@hotmail.com

RESUMEN

En este trabajo se hace una evaluación preliminar de un calentador solar de tubos de vacío termosifónico, la evaluación se realizó sin consumo, esta se llevó a cabo en las instalaciones de la Escuela Profesional de Física de la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa entre el 30/04/2011 y el 03/05/2011.

Se presentan los resultados de eficiencia global del calentador para tres días de evaluación, así como información de la velocidad de calentamiento del sistema, también se muestra información del aislamiento térmico del tanque acumulador a través de las curvas de velocidad de enfriamiento

INTRODUCCION

Existen en el mercado de Arequipa distintos tipos de calentadores solares de los cuales los colectores de placa plana son los más usados y comercializados, estos colectores funcionan bastante bien en climas como los que presenta la ciudad de Arequipa, pero en zonas de altura donde la temperatura es muy baja, la rejilla de los colectores colapsan por el congelamiento del fluido caloportador.

Actualmente se venden en el mercado los colectores de tubos de vacío, aparentemente más apropiados para climas desfavorables por tener como aislante térmico el vacío, sin embargo aun no se conoce su comportamiento térmico y eficiencia de estos colectores de tubos de vacío de manera que nos permita proponer su uso para zonas de altura.

El comportamiento térmico de los tubos de vacío depende de la velocidad de calentamiento del fluido el cual se puede determinar analizando la evolución de la temperatura en un tanque acumulador

Debido a los diferentes problemas que se presentan en los colectores solares de placa plana cuando operan en zonas de altura y existiendo una nueva tecnología en colectores solares para calentamiento de agua que podría solucionar este problema, es que se hace necesario un método de evaluación para conocer su comportamiento térmico y poder proponer su uso para los distintos climas de la región.

DESCRIPCION DEL SISTEMA

Descripción del sistema de medición



Figura 1 Fotografía de la instrumentación

- Piranometro kipp zone para medir la radiación global incidente en el plano del colector con una precisión de ± 0.5
- Termocuplas tipo T para medir la temperatura ambiente , temperatura de tanque, en unidades relativas $^{\circ}\text{C}$, precisión 0.2°C
- Dataloger para registrar las medidas de temperaturas, radiación solar

Descripción del calentador solar



Figura 2 Fotografía de la terma solar

Modelo	Φ58×180
Peso	2.29±0.18kg
Estructura	tubos de vidrio coaxiales de doble capa
Diámetro exterior del tubo	Φ58±0.7mm
Diámetro del tubo interno	Φ47±0.7mm
Espesor del tubo exterior	1.8±0.15mm
Espesor del tubo interno	1.6±0.15mm
Longitud de tubo	1812±4mm
Material de recubrimiento	AIN/AIN-SS/CU
Absortancia	0.94~0.96
Emitancia	0.04~0.06
Vacío	$P \leq 5 \times 10^{-3} \text{pa}$
Transmitancia del tubo exterior	0.91
Temperatura de estancamiento	270~300 °C
Coefficiente de pérdida de calor	$\leq 0.6 \text{ w/ (m}^2 \cdot \text{°C)}$
Presión Soportada	1Mp

Tabla 1. Datos técnicos del tubo de vacío

Tanque

CAPACIDAD: 160 Litros

Especificaciones técnicas

1. tanque externo: acero galvanizado
2. Tanque interno: acero inoxidable grado 316, espesor 0,5 mm
Especificaciones:
3. Aro de sellado: material de gel de silicona.
4. Aislamiento térmico: 55 mm de poliuretano

Estructura

Acero galvanizado grueso, Anti-corrosivo

METODOLOGIA

Para realizar esta prueba se instalaron dos sensores de temperatura (termocupla tipo T) en el interior del tanque de almacenamiento de agua de la terma (parte inferior, y parte superior).

Se monitoreo las temperaturas del interior del tanque, la temperatura ambiente y la radiación solar desde las 19:00 horas del 30/04/2011 hasta las 24:00 horas del 03/05/2011

A partir de la evolución de la temperatura en el tanque de almacenamiento de agua se determina la pendiente en las zonas de incremento de temperatura la cual representa la velocidad de calentamiento del agua del calentador solar.

A partir de la evolución de la temperatura en el tanque de almacenamiento de agua se determina la pendiente en las zonas de decremento de temperatura la cual representa la velocidad de enfriamiento del tanque acumulador.

Para caracterizar la eficiencia térmica de una terma solar se debe evaluar su rendimiento energético global: **La eficiencia energética (η_E)**, que se define como la relación entre la energía térmica útil ganada por la terma y la energía solar disponible ese día [8].

$$\eta_E = \frac{\text{Energía térmica útil } (E_T)}{\text{Energía solar recibida } (E_S)} \quad (1)$$

La energía térmica útil ganada por la terma, se calcula a partir de la ecuación:

$$E_T = mC\Delta T \quad (2)$$

m: masa del fluido almacenada en el tanque

C: calor específico del agua

ΔT : Incremento de la temperatura en el tanque

Luego, la energía solar por unidad de área recibida se calcula con la ecuación:

$$E_S = G A \quad (3)$$

G: energía de la radiación solar acumulada en un día

A: área de absorción

RESULTADOS EXPERIMENTALES

Velocidad de calentamiento de la terma solar, y pérdidas térmicas del tanque de almacenamiento de agua

Se cargo el tanque de la terma con agua a una temperatura de 19 °C a las 19:00 horas del día 30/04/2011.

Se monitoreo las temperaturas del interior del tanque y la temperatura ambiente desde las 19:00 horas del 30/04/2011 hasta las 24:00 horas del 03/05/2011

Los resultados se muestran en el grafico 1.

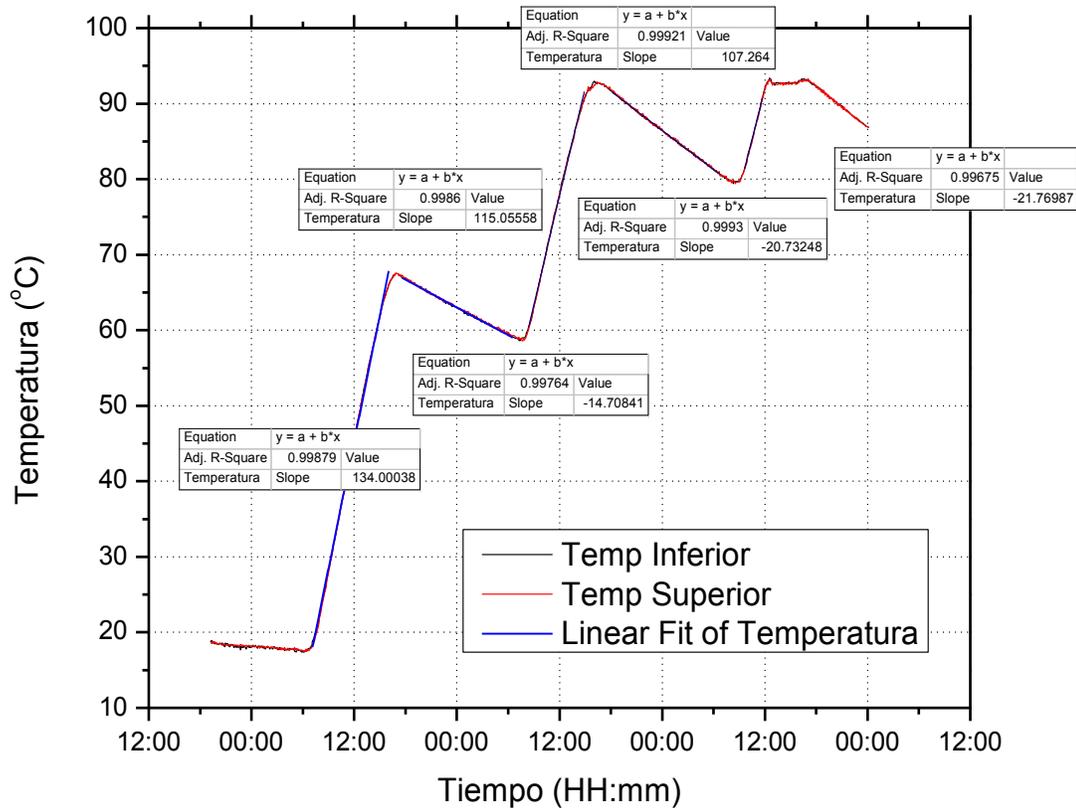


Grafico 1. Temperatura del tanque de almacenamiento (°C) en función del tiempo (horas del día)

1 día de ensayo:

El calentamiento en el tanque de almacenamiento se inicia con una temperatura de 17,5 °C (06:05 horas del día 01/05/2011) hasta 67,5 °C (17:05 horas del día 01/05/2011), con una velocidad de calentamiento de 4,5 °C/hora. A partir de las 17:05 horas la temperatura del tanque desciende hasta 58,6 °C (07:22 horas del día 02/05/2011) siendo la velocidad de enfriamiento del tanque de de 0,64 °C/hora

2 día de ensayo:

El calentamiento en el tanque de almacenamiento se inicia con una temperatura de 58,6 °C (07:22 horas del día 02/05/2011) hasta 92,8 °C (16:23 horas del día 02/05/2011), con una velocidad de calentamiento de 3,8 °C/hora. A partir de las 16:23 horas la temperatura del tanque desciende hasta 79,5 °C (08:17 horas del día 03/05/2011) siendo la velocidad de enfriamiento del tanque de de 0,83 °C/hora.

3 día de ensayo:

El calentamiento en el tanque de almacenamiento se inicia con una temperatura de 79,5 °C (08:17 horas del día 03/05/2011) hasta 92,8 °C (13:12 horas del día 03/05/2011), con una velocidad de calentamiento de 2,7 °C/hora; luego de las 13:12 horas hasta las 17:03 horas el agua está en ebullición. A partir de las 17:03 horas la temperatura del tanque desciende con una velocidad de enfriamiento de de 0,88 °C/hora

Eficiencia Térmica de la terma solar

Se monitoreo las temperaturas del interior del tanque, la temperatura ambiente y la radiación solar desde las 19:00 horas del 30/04/2011 hasta las 24:00 horas del 03/05/2011

Los resultados se muestran en el grafico 1 y 2.

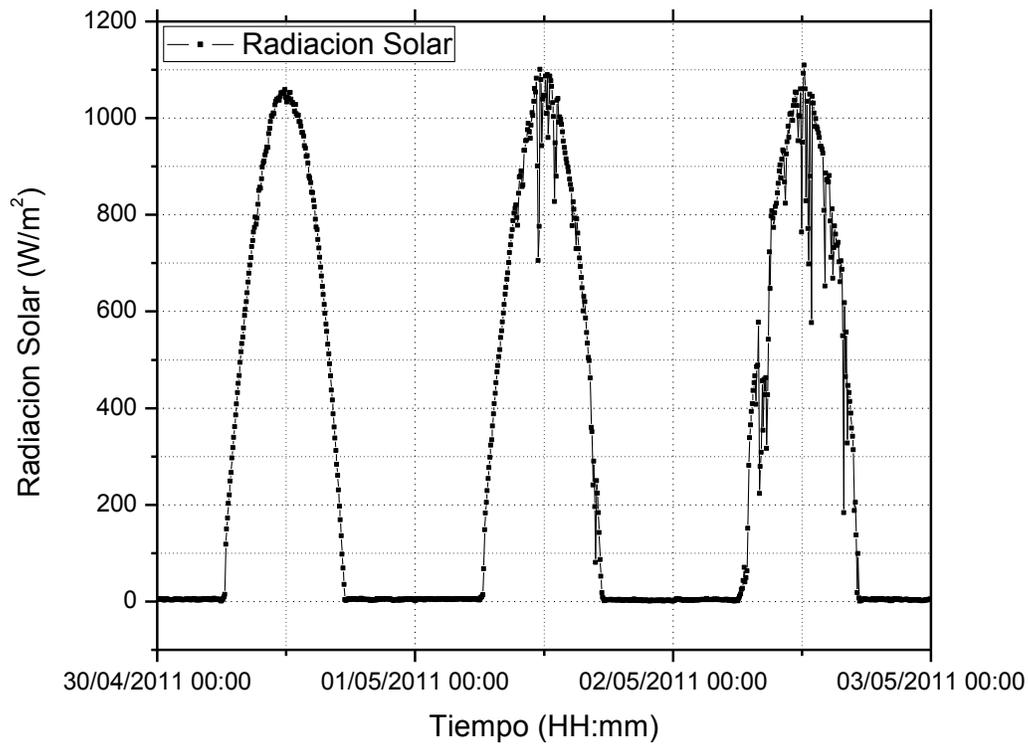


Grafico 2. Comportamiento de la radiación solar de los tres días de evaluación

1 día de ensayo: Energía de la radiación solar acumulada desde las 6:02 a 17:27 fue de:

G(J/m2)	G(KWh/m2)
28649441.8	7.95817827

2 día de ensayo: Energía de la radiación solar acumulada desde las 6:07 a 17:32 fue de:

G(J/m2)	G(KWh/m2)
28411563	7.89210083

3 día de ensayo: Energía de la radiación solar acumulada desde las 6:07 a 17:17 fue de:

G(J/m2)	G(KWh/m2)
26517464.1	7.36596225

Utilizando los datos de la grafica 1 y la ecuación (2) obtenemos la energía térmica útil ganada por la terma de 160 litros (160 kg):

T inicial(°C)	T final(°C)	ΔT (°C)	mc(tf-ti)(J)
17.5	67.5	50	33488000
58.75	92.7	33.95	22738352
79.5	92.8	13.3	8907808

Tabla 2. Energía térmica útil

Como el diámetro del tubo es: 0,058 m

Longitud del tubo: 1,8 m.

Entonces el área de absorción por tubo es: 0,1044 m²

Área de absorción para los 16 tubos es: 1,6704 m²

Luego usando los datos de la grafica2 y la formula (3) obtenemos la energía solar por unidad de área recibida, y finalmente en la última columna a partir de la ecuación (1) obtenemos la eficiencia para cada día de ensayo

Día	G(J/m2)	Es(J)	η (%)
1	28649441.8	47856027.58	69,97
2	28411563	47458674.84	47,91
3	26517464.1	44294772.03	20,11

Tabla 3. Energía solar captada y eficiencia

CONCLUSIONES

La mayor eficiencia del calentador (69,97%) se obtuvo el primer día de evaluación donde la temperatura se incremento 50 °C desde los 17,5 °C hasta 67,5 °C

El segundo día de evaluación la eficiencia baja(47,91%) ,fundamentalmente debido a que el agua llega al punto de ebullición y comienza las perdidas por fuga de vapor desde el tanque al exterior, el incremento de temperatura en este día fue de 33,95 °C desde los 58,6 °C a 92,8 °C

El tercer día de evaluación la eficiencia fue de 20,11% debido a la gran cantidad de pérdida de calor por fuga de vapor, aproximadamente durante 4 horas, desde las 13:12 horas hasta las 17:03 horas que el agua está en ebullición.

Se observa que la velocidad de calentamiento está relacionado directamente con la eficiencia (4,5 °C/hora; 3,8 °C/hora; 2,7 °C/hora), esto se debe a la disminución del flujo del fluido debido a que el rango de temperatura a calentar es menor en cada día.

Como la velocidad de enfriamiento tiene que ver con la capacidad de aislamiento térmico del tanque de almacenamiento, de los datos obtenidos (0,64 °C/hora; 0,83 °C/hora; 0,88 °C/hora) podríamos afirmar que tiene un buen aislamiento.

No se han realizado pruebas en condiciones de temperatura extremadamente baja (bajo 0°C) pero por el buen aislamiento del tanque acumulador y el buen aislante térmico de los tubos(vacio), se podría afirmar que son adecuadas para este tipo de climas, lo cual es una ventaja respecto de los colectores de placa plana que colapsan en estas condiciones.

La vida útil de estos calentadores dependerá fundamentalmente de la durabilidad del tanque de almacenamiento que a su vez depende de las características físico químicas del agua usada, ya que de acuerdo a referencias de la mayoría de fabricantes de tubos de vacío, la vida útil de estos es de más de 15 años

RECOMENDACIONES

Se podría realizar evaluaciones simulando el consumo, para obtener más información del comportamiento térmico del calentador solar.

Se podría evaluar el calentador a distintos ángulos de inclinación para comparar su eficiencia ya que el flujo del fluido influye en ella.

Se debe evitar que el calentador solar opere en temperaturas cercanas a la ebullición para evitar pérdidas de calor por fugas de vapor

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

[1] NORMA TÉCNICA PERUANA 2001 NTP 399.400

COLECTORES SOLARES. Método de ensayo para determinar la eficiencia de los colectores solares, Lima Perú, 2001

[2] ASHRAE Standard 93-77 "Methods of testing to determine the Thermal Performance of solar Collector "ASHRAE, Ney York, N.Y, 1977

[3] COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES, " Recommendations for European Solar Collector Test Methods ". U.K., 1980.

[4] ZILLES, R. " Comparação Experimental de Testes de Coletores Solares planos com Simulador e com Radiação Solar". Dissertação de Mestrado, Programa de Pós Graduação em Engenharia Mecânica, PROMEC, 1987.

[5] DUFFIE, J.A. y BECKMAN, W.A. " **Solar Engineering of Thermal Processes** ". Wiley, New York, 1991

[6] CHASSÉRIAUX, J.M. " **Conversión térmica de la Radiación Solar**". Bordas, Paris, 1990.

[7] Cora Placco, Luis Saravia, Carlos Cadena, **Colectores solares para agua caliente**

INENCO, UNSa –CONICET, Argentina 2008

[8] Valera Aníbal, Energía Solar II, Asamblea Nacional de Rectores, Lima Perú 2007

[9] LINTHORST, J.M. "Natural **Convection Suppression in Solar Collector** ". EFF, Holland, 1985.

[10] MEINEL, A.B., " **Aplicaciones de la Energía Solar** " Reverte, España, 1982.

[11] JOSE M DE JUANA Energías renovables para el desarrollo ESPAÑA-2002

[12] Bannister B. y Whitehead D. " **Instrumentación, Transductores e Interfaces**" Addison Wesley Iberoamerica, 1994.