

## ESTIMACION DE RECURSO SOLAR EN BASE A TABLAS Y MEDICIONES PARA UN COLECTOR SOLAR INDIRECTO PARA USO DOMESTICO EN ZONAS FRIAS

Jorge Lescano, Eduardo D'Elfa, Patricio Triñanes, Rafael Oliva,  
Area Energías Alternativas - Universidad Nacional de la Patagonia Austral  
Lisandro de la Torre 1070 - 9400 Río Gallegos - Argentina  
TE +54 2966 442317/19 - FAX +54 2966 442620 E-mail: micro-en@unpa.edu.ar

**RESUMEN:** Este trabajo presenta una estimación corregida del recurso solar disponible, en base a mediciones locales, el Atlas de Energía Solar de la República Argentina (edición 2007) y datos de centros internacionales, para el funcionamiento de un colector solar indirecto en la región patagónica sur. Los resultados muestran márgenes de incerteza tolerables y constituyen una adecuada estimación considerando que se trata de fuentes diversas y en el caso de las mediciones, a través de equipos no calibrados de relativamente bajo costo. El equipo solar, que se destina a escuelas rurales – paraje Glencross en Santa Cruz, se incorpora al circuito usual de calentamiento de agua en una vivienda rural, proporcionando energía térmica de origen renovable para su precalentamiento, siendo luego llevada a la temperatura de uso mediante un termostato a GLP (Gas Licuado de Petróleo), con el consecuente ahorro de combustible.

Palabras Clave: **energía solar – mediciones recurso - ahorro energético - adquisición de datos**

### INTRODUCCIÓN

La estimación del recurso solar disponible en zonas de latitudes extremas tiene una importancia considerable al dimensionar sistemas térmicos que utilicen ésta fuente de energía renovable. Se realizaron comparaciones entre valores de las cartas mensuales del Atlas de Energía Solar -AESRA (Grossi Gallegos y Righini, 2007), los datos satelitales publicados internacionalmente (NASA, 2008) y los valores promedio de 2006 y 2007 medidos en Río Gallegos (latitud similar a la del paraje Glencross) a través de un sensor fotovoltaico no calibrado conectado a una estación de toma de datos. A pesar de la diversidad de las fuentes, al llevar los datos a plano horizontal se obtienen valores muy similares para la mayor parte de los períodos de utilidad, que para escuelas rurales excluye los meses de frío mas extremo (junio-julio-parte de agosto). Las características del clima imperante hacen que se requiera para el colector solar utilizado un sistema indirecto, que se describió anteriormente en sus avances (Lescano y otros 2006), y cuya performance se espera relevar en los próximos meses.

### PROCEDIMIENTO PARA OBTENCIÓN DE LOS DATOS

En la Tabla 1 se muestran los datos obtenidos de las tres fuentes mencionadas. La primera fila (I) corresponde a los valores de las cartas mensuales de AESRA, que proporcionan medidas gráficas del promedio de irradiación solar global diaria sobre plano horizontal con una resolución de  $0.5\text{kWh/m}^2$ . Estas cartas, de reciente publicación, agrupan mediciones directas hasta 1997 de 28 estaciones piranométricas, 24 estaciones heliográficas e información satelital, con una incerteza que no supera el 10% (Grossi Gallegos y Righini, 2007).

Por otro lado, la segunda fila (II) agrupa los valores de irradiación obtenibles a través del Surface Solar Energy Data Set (NASA, 2008). Dicha información, que se hizo pública en 1997, resulta de un valor promedio de 22 años, y se ha ido adecuando en sus unidades y presentación a través de un intercambio de NASA con la industria de las energías renovables, en particular la solar térmica y fotovoltaica. Es posible también, desde una máquina vinculada a Internet y corriendo el programa de simulación HOMER de NREL (NREL, 2004), realizar una carga directa de dicha información para utilizarla en simulaciones fotovoltaicas (Figura 1, der.), o exportarla a planillas de cálculo convencionales. La metodología e incertezas de la medición se encuentra agrupada en (NASA-MethSSE6, 2008) y es de libre disponibilidad.

Finalmente, la fila (III) surge de realizar una corrección geométrica a través de los coeficientes  $k$  tabulados (CENSOLAR, 1993), de los valores medidos en Río Gallegos con un sensor fotovoltaico inclinado a  $57^\circ$ , y una estación de adquisición de datos Davis. Dicho sensor (sin calibrar) se utiliza para estimar la irradiación incidente normal a la superficie de un colector solar pasivo de tubos de vacío, montado sobre el laboratorio AEA-UNPA (Figura 2, izq.) con una inclinación también de  $57^\circ$  y orientación norte. Los valores medidos (en la fila V) resultan de un promedio de energía mensual tomada entre enero 2006 y julio de 2008. La conversión indicada en (III) resulta de dividir los valores de (V) por los de  $k$  [en fila (IV)], que se define como un factor de corrección para superficies inclinadas y representa el cociente entre la energía total incidente en un día sobre una superficie orientada, tomado para una latitud de  $52^\circ$  y un ángulo de inclinación de  $57^\circ$ . Este factor se encuentra tabulado (CENSOLAR, 1993) y se obtuvo por interpolación lineal entre los valores para  $55^\circ$  y  $60^\circ$ , correspondientes a una latitud de  $52^\circ$ , considerando el cambio de hemisferios N a S.

Los errores relativos tomando como base los valores del AESRA, tienen un promedio anual del 33% entre NASA y AESRA, y trepan al 58% entre UNPA y AESRA. Pero si se excluyen los meses de invierno extremo (en que la escuela deja de trabajar), el error promedio se mantiene por debajo del 28%. La dispersión de valores es notoria en dichos meses, pero teniendo en cuenta la aplicación son tolerables los márgenes de incerteza.

TABLA 1 - Comparación datos irradiación global diaria en Superficie Horizontal [kWh/m2]												
Lat. -52° Long. -67°	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
(I) Atlas R.A. Sup. Horiz.	6.00	5.00	3.00	1.50	1.00	0.50	0.50	1.50	2.50	4.00	5.00	5.50
(II) NASA Sup. Horiz./ media 22 años	6.30	5.34	3.74	2.19	1.20	0.86	1.02	1.85	3.29	4.95	6.08	6.57
(III) UNPA corregido a Superficie. Horiz.	5.88	4.55	3.24	2.25	1.54	1.49	1.86	2.62	3.44	4.78	5.39	5.21
(IV) k Lat. 52° Incl. 57°. modif. (Censolar) (Adimensional)	0.97	1.13	1.39	1.71	1.95	1.89	1.67	1.49	1.29	1.10	0.96	0.92
(V) Rio Gallegos - Sensor FV inclinado 57° (UNPA)	5.70	5.14	4.51	3.84	3.00	2.82	3.11	3.90	4.44	5.26	5.17	4.79

Tabla 1 - Valores de irradiación global promedio diaria para la ubicación de interés

Irradiación Solar Diaria (Sup.horizontal) de distintas fuentes para Lat.52°S y Long.69°W

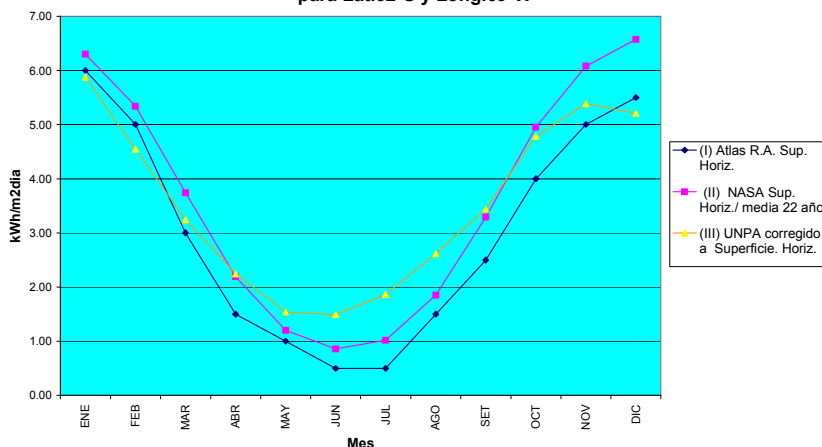


Figura 1 – Diagrama de las mediciones tabuladas

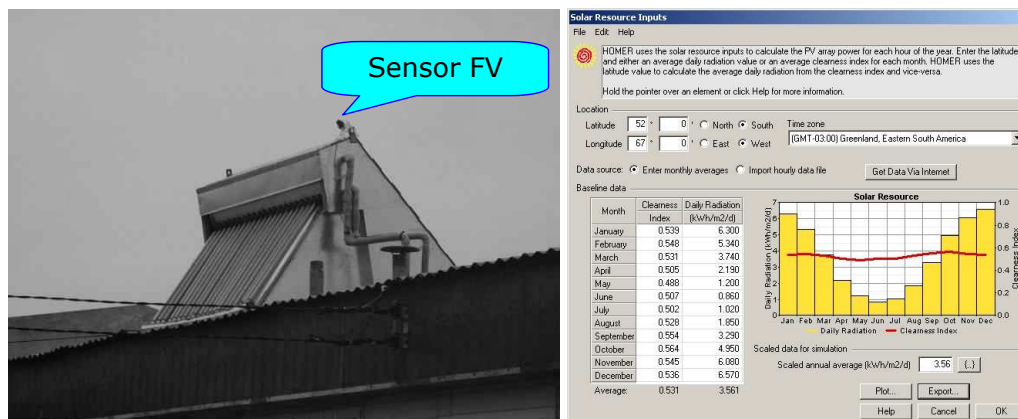


Figura 2 – (izq.) Sensor Davis montado sobre colector UNPA/AEA – (der) Pantalla de carga de recurso solar / desde Homer

### CARACTERÍSTICAS DEL COLECTOR – PRECALENTADOR DE PLACA PLANA

El Equipo de Pre calentamiento Solar Indirecto (EPSI, Lescano y otros 2006) de agua para uso doméstico en zonas frías es un dispositivo de captación y transferencia de energía solar, pensado para complementar el funcionamiento de un termostanque (usualmente alimentado con GLP) en zonas aisladas en Patagonia Sur. El EPSI proporciona un salto térmico inicial al agua (de red o pozo), siendo el termostanque quien provee el salto térmico definitivo para alcanzar la temperatura de uso del agua caliente sanitaria (a.c.s.) de aproximadamente 45°C. Muy utilizado en otras latitudes con mejores niveles de radiación, en latitudes como las de Patagonia Sur su diseño no es trivial, dadas las bajas temperaturas (peligro de congelamiento) y necesidad de un aceptable rendimiento a bajo costo. La circulación termosifónica en el circuito primario se establece naturalmente al superarse una diferencia de temperaturas umbral entre el líquido anticongelante (agua destilada + monoetilenglicol + inhibidor de corrosión) contenido en el intercambiador (dentro del acumulador) y el que se encuentra en el colector, cuando éste recibe la energía proporcionada por la radiación solar.

La interacción de los circuitos primario (glicol-anticongelante) y secundario (agua sanitaria), y el esquema del EPSI acoplado al sistema tradicional de calentamiento de agua se aprecian junto con el modelo de montaje en Figura 3 (izq. y centro). Se incluye un contador calorimétrico con sensores de caudal y temperatura (ReSol, 1999), y un medidor de consumo de GLP.



Figura 3: (izq.) Esquema con integración a red de agua, (centro) montaje y (der.) ubicación geográfica Escuela Glencross.

El EPSI está conformado por un colector solar de 1,5 m<sup>2</sup> de superficie captadora de energía solar y un depósito acumulador aislado con 100 litros de capacidad, con intercambiador calórico en su interior constituido por caño de cobre de 6m de longitud y 26 mm de diámetro exterior. Para su diseño, se consideraron problemas inherentes a zonas frías (Ross y Royer, 1999) y se siguieron técnicas estándar (CENSOLAR, 1993) estableciéndose una relación de 70 litros de acumulación de agua caliente por cada m<sup>2</sup> de superficie de captación de energía radiante del colector y definiendo la superficie de transferencia calórica del intercambiador en 1/3 de la superficie del colector. Este conjunto va alojado en una caja construida en compuesto MDF de 1,5 cm de espesor, recubierta por resina de poliéster, cerrada en su parte superior por un termopanel de vidrio de 5 mm sellado en todos sus bordes (doble cubierta) y asegurado en sus vértices. Para el aislamiento térmico en los costados y el fondo se utilizó fibra de vidrio aluminizada. El montaje del sistema en la Escuela Rural Glencross (Figura 3, der) está previsto para los próximos meses, y se espera realizar un relevamiento de los datos obtenidos y verificar la ecuación modelada de rendimiento del colector. La dispersión y error considerable en los datos de radiación en meses invernales y pre-invernales, posiblemente debido a la extrema nubosidad que se da en la región, obligará a tener en cuenta características especiales de diseño como la posibilidad de ajuste del ángulo de inclinación del colector de acuerdo a la época del año. Asimismo, se han detectado en las pruebas de verano temperaturas extremas que pueden trizar la cubierta interior de vidrio del termopanel.

## CONCLUSIONES

Se ha presentado una comparación de alternativas para obtención de datos sobre recurso solar, orientadas para un equipo de precalentamiento solar indirecto de agua apto para funcionar en zonas rurales frías. El conocimiento del recurso facilita el dimensionamiento práctico del sistema y permite lograr una operación más confiable, aunque los valores sumamente dispersos esperados para meses invernales y otras características únicas por las condiciones climáticas dificultan la implementación efectiva de éstos equipos.

## REFERENCIAS

- CENSOLAR (1993) - Material del Curso de Energía Solar. Publicado por CENSOLAR (Centro de Estudios de la Energía Solar) Sevilla, España - 1993 - ISBN 84-86505-41-0 (Tomo III) y 84-86505-28-3 (Tomo IV).
- Grossi Gallegos, H. y Righini, R. (2007) "Atlas de Energía Solar de la República Argentina", Edición conjunta de SeCyT-PyPE, ASADES, U.N.Lujan. ISBN 978-987-9285-36-7.
- Lescano, J., D'Elia, E., Triñanes, P., Oliva, R. (2006) "Avances en el diseño y construcción de un equipo de precalentamiento solar indirecto de agua para uso doméstico en zonas frías", ASADES 2006.
- NASA (2008) "Monthly Averaged Insolation on an horizontal surface" - NASA's Surface Solar Energy Data Set - monthly average solar radiation data. <http://eosweb.larc.nasa.gov/sse/>
- NASA-MethSSE6 (2008) "Surface meteorology and Solar Energy (SSE) Release 6.0", Documento descriptivo de la Metodología e incertezas de medición SSE, v1.005, (July 1, 2008). [http://eosweb.larc.nasa.gov/sse/documents/SSE6MethodologyDraftV1\\_0.doc](http://eosweb.larc.nasa.gov/sse/documents/SSE6MethodologyDraftV1_0.doc)
- NREL (2004), "HOMER Simulation Software for Renewable Energy Systems" - [www.nrel.gov/homer](http://www.nrel.gov/homer)
- ReSol (1999) "WMZ-M1 - Wärmemengezähler für Heizsysteme mit Wasser - Montage- und Bedienungsanleitung" Publicado por ReSol Elektronische Regelungen GmbH. Heiskampstr. 10. D-45527 Hattingen - Alemania - 1999.
- Ross, M. y Royer, J (1999) "Photovoltaics in Cold Climates", Chapter 14. IEA International Energy Agency. Published by James & James - UK - 1999.

## ABSTRACT:

This work presents a comparison of methods to assess the available solar radiation resource, specifically oriented to the deployment of passive solar collectors in cold climates. The latter are mainly used for preheating of household water. The methods are applied to resource estimation for a rural school solar-thermal installation. Although relative uncertainties tend to be in the order of 30%, specially in cloudier winter months, the techniques applied can aid significantly in the design phase of a project and can contribute to achieve a reliable system.

**Keywords:** solar thermal energy, resource measurements, passive collector