

ALGUNOS COMENTARIOS SOBRE EL COMPORTAMIENTO DE UN SENSOR FOTOVOLTAICO. NOTA TECNICA

O. Dursi, H. Grossi Gallegos y G. Renzini

Red Solarimétrica, Servicio Meteorológico Nacional
Avda. Mitre 3100, (1663) San Miguel, Buenos Aires, ARGENTINA
Tel/Fax : (54-1) 455-6762 E-mail: postmaster@grossi.scyt.edu.ar

RESUMEN

Se estudia en la presente nota el comportamiento de un sensor fotovoltaico de uso bastante difundido comparándolo con un piranómetro termoelectrico de precisión. Se analizan tanto las integrales diarias cuanto las horarias, observándose entre las últimas diferencias que exceden las consignadas por el fabricante cuando se trabaja en ángulos horarios bajos. Si bien no se analizó la degradación del difusor de acrílico utilizado para mejorar la respuesta a la ley del coseno, por referencias obtenidas se recomienda su calibración frecuente.

INTRODUCCION

Como consecuencia de los primeros trabajos llevados a cabo en el Yellot Solar Energy Laboratory de las EEUU de Norteamérica con el fin de determinar la factibilidad de utilizar celdas comerciales fotovoltaicas de silicio en sensores de radiación (Selçuk and Yellot, 1962) se hicieron muchas otras experiencias con el fin de estudiar los efectos de la variación espectral de la radiación solar sobre la respuesta de los mismos. En Argentina, luego de un estudio técnico-económico realizado para determinar el instrumental necesario para instalar la Red Solarimétrica, se decidió utilizar un radiómetro comercial cuyo elemento sensible era una celda de silicio monocristalino dotado de un circuito compensador a termistor para corregir el efecto de la variación de la salida con la temperatura (Lopardo y Fernández, 1979).

Estudios llevados a cabo por el mismo grupo de trabajo en los que se describió la calibración de los sensores utilizados (marca Rho Sigma modelo 1008) por comparación entre las integrales diarias obtenidos por ellos y las de un piranómetro termoelectrico de precisión (Lopardo *et al.*, 1978) y su comportamiento bajo diferentes condiciones (Lopardo *et al.*, 1979) llevaron a considerar que las integrales diarias obtenidas por los piranómetros de la Red Solarimétrica estaban afectadas errores del 6% (Grossi Gallegos *et al.*, 1983).

Animados por estos resultados y por su bajo precio en comparación con los termoelectricos, tuvo una gran difusión en los últimos veinte años la utilización de un piranómetro fotovoltaico modelo LI-200SA fabricado por la empresa norteamericana LI-COR Inc. La salida de estos sensores es del orden de los 90 microamperes por cada 1000 watts recibidos por metro cuadrado.

Esta difusión justifica la realización de un estudio detallado del comportamiento del piranómetro LICOR (como generalmente se lo conoce) para determinar los errores que se pueden cometer cuando se lo utiliza sin el periódico control y fuera de las condiciones para las que fue concebido, lo cual se encuadra dentro del estudio sistemático del comportamiento de sensores de radiación solar utilizados en el país iniciados hace siete años por este grupo de trabajo (Grossi Gallegos y Atienza, 1991).

DESCRIPCION DEL EQUIPO

El fotodiodo de silicio hizo posible la construcción de estos piranómetros simples de exactitud razonable; la respuesta espectral del sensor no es la ideal (esto es, la misma de 280 nm a 2800 nm), pero el fabricante de este modelo asegura que no causa errores mayores que el 5% si se usa sólo para radiación solar y no bajo condiciones que modifiquen la distribución espectral (por ejemplo, iluminación artificial, bajo una cubierta forestal o para medir radiación reflejada). Los datos tomados a bajas alturas solares pueden presentar errores significativos porque se altera la distribución espectral con los cambios en la transmitancia atmosférica; pero como esto es una pequeña contribución al total diario, los errores observados usualmente tienen poco efecto en las integrales diarias.

La calibración en fábrica está hecha en base a la comparación de datos instantáneos de un Eppley PSP y de un LICOR, promediados cada diez minutos, a lo largo de 3 o 4 días. La información procesada permite obtener la constante, según el folleto que acompaña al sensor, con una incerteza máxima del 5% y típica del 3%, asegurando una estabilidad mejor que el 2% a lo largo de un año. La respuesta a la ley del coseno se ha mejorado mediante el uso de un difusor de acrílico, pero no se da información acerca de la degradación del mismo por efectos de la exposición a la intemperie (fundamentalmente, radiación ultravioleta). De todas maneras, la empresa LI-COR recomienda que este modelo de piranómetro "debe ser retornado" a la fábrica cada dos años para su recalibración.

RESULTADOS Y ANALISIS

A pedido de la empresa que representa a LI-COR en Argentina se procedió a la calibración de un sensor que había sufrido daños en la resistencia de carga, fijándose el valor de la nueva en 125Ω . Siguiendo el procedimiento habitual para estos casos, se tomaron simultáneamente lecturas instantáneas de las señales provenientes de un piranómetro termoelectrico de precisión EPPLEY modelo PSP (No. 18670 F3) y del sensor piranométrico LI-COR 200SA (No. PY14740) mediante un integrador CE 263.3K, las que fueron integradas en base horaria y grabadas en un cartucho removible de memoria sólida cuya información fue luego transmitida a un procesador IBM compatible a través de una interfase RS232; esta información se integró luego en base diaria para proceder a la determinación estadística de la constante media de calibración. La experiencia se realizó entre el 9 de abril y el 7 de mayo de 1998, siendo la energía media diaria registrada en ese período de 6.8 MJ/m^2 , con valores máximo de 12.4 MJ/m^2 y mínimo de 3.0 MJ/m^2 ; por otra parte, la altura solar alcanzó al mediodía un valor máximo de 48.3° y uno mínimo de 38.8° .

Mediante la comparación de las integrales diarias se pudo determinar la constante de calibración media diaria, la que tomó un valor de $12.3 \times 10^{-6} \text{ V/W m}^2$ trabajando sobre la resistencia de carga ya mencionada (lo que sería equivalente a una intensidad de corriente de $98 \mu\text{A}$ por cada 1000 W m^2), obteniéndose un razonable ajuste de la recta de regresión de las integrales diarias ($r^2 = 0.992$), como se puede ver en la Figura 1.

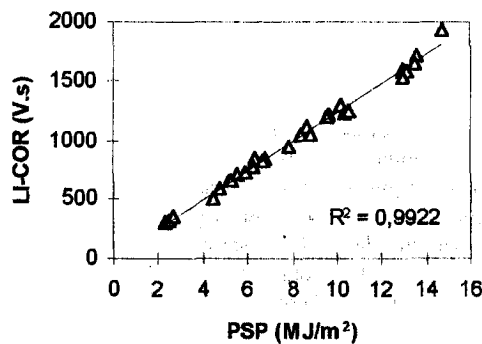


Figura 1. Determinación de la constante de calibración por ajuste por cuadrados mínimos de las integrales diarias obtenidas por un piranómetro Eppley PSP y un piranómetro LI-COR200SA.

Para analizar la magnitud de la variación horaria de la constante de calibración (esto es, la dependencia con la altura solar y, con ella, de la aeromasa y de la composición espectral de la radiación recibida) se consideraron las integrales horarias que fueron la base de la información agrupándoselas en horas fijas a lo largo del período de estudio. Un resumen gráfico de los resultados obtenidos se muestran en la Figura 2 de a página siguiente, siendo posible apreciar que la dispersión en la correlación es mayor para alturas solares menores; de todas maneras, el ajuste medio es bueno en general, con valores del coeficiente de correlación mayores a 0.99 salvo en el caso de alturas solares pequeñas.

Para analizar la posible dependencia horaria (altura solar) de las diferencias entre las integrales horarias medidas con uno y otro sensor se utilizó la constante media diaria antes determinada y se aplicó a todos los valores, comparando así los resultados obtenidos. Se seleccionaron los valores máximos, medios y mínimos medidos en horas fijas a partir del mediodía local para tener en cuenta la influencia de la aeromasa y de las características del cielo, los que se resumen en la Tabla 1. Se eliminaron los valores de alturas solares inferiores a 10° para los cuales el comportamiento del sensor no está garantizado por el fabricante.

HORA LOCAL	VALORES MAXIMOS		VALORES MEDIOS		VALORES MINIMOS	
	PSP	LICOR	PSP	LICOR	PSP	LICOR
12-13	2.38	2.28	2.12	2.10	0.36	0.37
13-14	2.31	1.28	1.74	1.76	0.42	0.45
14-15	1.86	1.94	1.13	1.13	0.31	0.32
15-16	1.59	1.62	1.23	1.31	0.28	0.32
16-17	0.95	1.05	0.65	0.75	0.13	0.15

Tabla 1. Valores horarios de radiación global ($\text{MJ/m}^2 \text{ hora}$) obtenidos con un piranómetro de precisión Eppley PSP y con uno fotovoltaico LI-COR200SA para diferentes alturas solares y características del cielo.

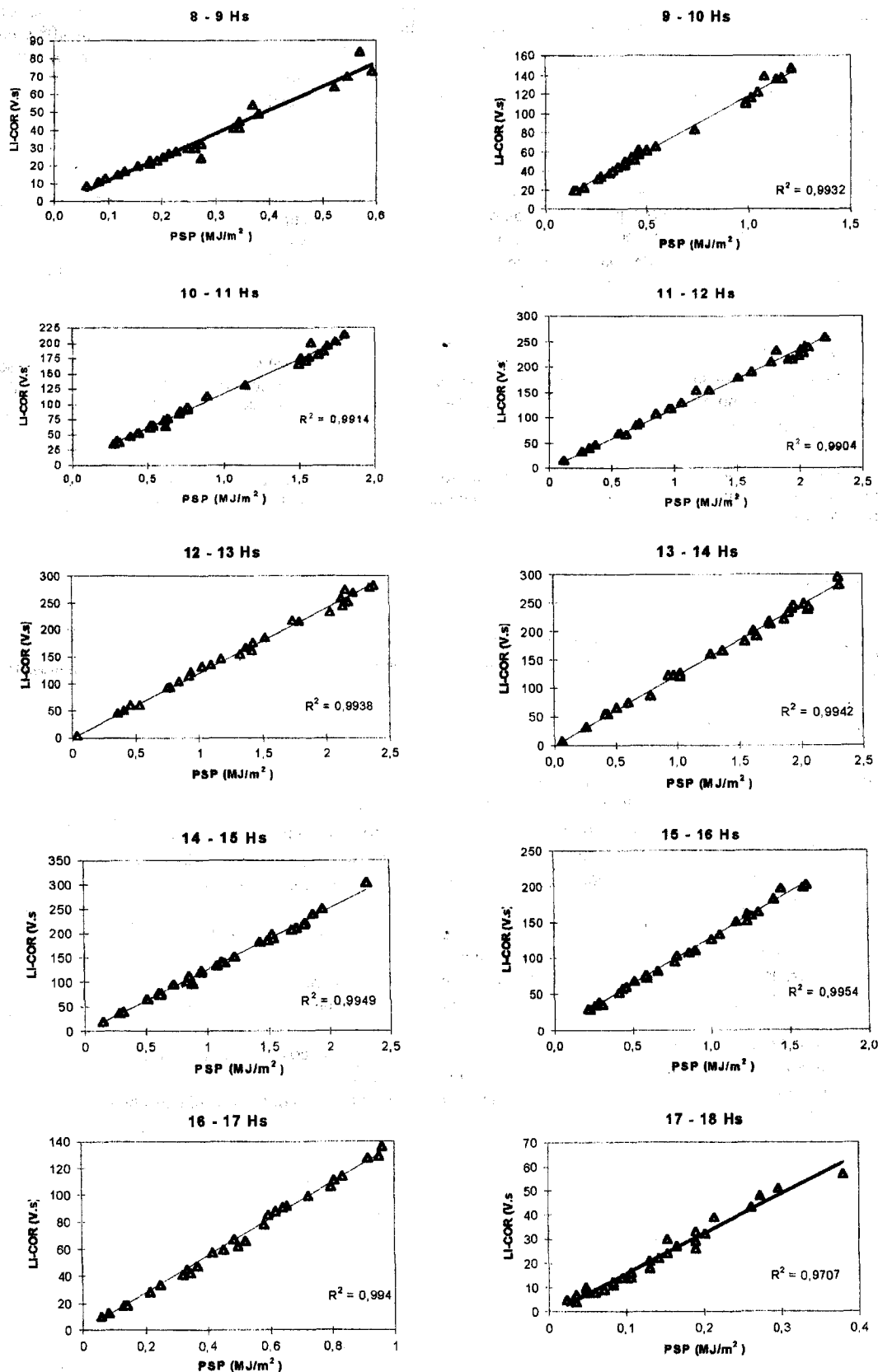


Figura 2. Determinación de la constante de calibración por ajuste por cuadrados mínimos de las integrales horarias obtenidas por un piranómetro Eppley PSP y un piranómetro LI-COR200SA (se indica la hora local).

Pudo observarse que, para alturas solares compendidas entre 10° y 48° la diferencia relativa entre las integrales horarias tomadas con ambos sensores aumenta, excediendo las tolerancias de fábrica: para alturas solares del orden de los 40° y baja transmitancia atmosférica se observaron errores en exceso de hasta el 7%, mientras que para alturas solares de 30° y transmitancias intermedias la diferencia es del 6% (para transmitancias bajas la diferencias observada llegó al 14.3%). Finalmente, para alturas solares de 20° ya el error alcanzó el 15% para los tres tipos de cielo.

CONCLUSIONES

Si bien limitados en el tiempo (no considerando por ello alturas solares mayores que podrían provocar mayores diferencias extremas), estos estudios permiten asegurar que la medición de valores horarios de radiación solar global mediante el uso del piranómetro LI-COR200SA puede provocar errores que excedan los supuestos dando por válida la calibración de fábrica. Si es utilizado para la medición de valores diarios, para los cuales se estableció una constante media mediante la comparación de integrales diarias del mismo con las de un sensor termoelectrico de precisión, puede considerarse que el error cometido es del 5%.

Por otra parte, a pesar de no haberse estudiado la variación de la constante de calibración en el tiempo, el uso de un difusor acrílico permite suponer que el mismo tiene que degradarse y obligar a una calibración periódica durante la etapa lineal a intervalos a determinar (lo cual no es comunicado por fábrica, si bien dice claramente que debe ser llevado a fábrica cada dos años); esto ha llevado a algunos usuarios a descartar su uso (Castro, 1997).

Por todo ello, se recomienda que los usuarios de estos sensores los utilicen dentro de las limitaciones impuestas por los fabricantes y que traten de comparar o hacer comparar la constante de los mismos por lo menos una vez por año contra un piranómetro termoelectrico de clase I.

AGRADECIMIENTOS

Al Lic. José A. Demicheli por la colaboración prestada en la adaptación y conexionado de los equipos.

A la Universidad del Salvador por el apoyo brindado a este grupo de trabajo dentro del Acuerdo de Mutua Colaboración firmado con el Servicio Meteorológico Nacional.

REFERENCIAS

- Castro, V. (1997) Universidad Nacional de Costa Rica (comunicación personal).
- Grossi Gallegos, H., Nollmann, I., Lopardo, R. y Atienza, G. (1983) Evaluación preliminar del recurso solar en Argentina. *Actas de la 8va. Reunión de Trabajo de la ASADES*, pp. 179-194, Santa Rosa de La Pampa, Argentina.
- Grossi Gallegos, H. y Atienza, G. (1991) Estudio comparativo del comportamiento de piranómetros de uso poco difundido en Argentina. Informe de avance. *Actas de la V Reunión Nacional de Agrometeorología*, Vaquerías, Córdoba, pp. 215-219 (1991).
- Lopardo, R., García, M. y Atienza, G. (1978) Aspectos técnicos de la Red Solarimétrica. *Actas de la 4ta. Reunión de Trabajo de la ASADES*, pp. 365-374, La Plata, Buenos Aires, Argentina.
- Lopardo, R. y Fernández, R. (1979) Estudio técnico económico del instrumental necesario para la Red Solarimétrica en Argentina. *Atas do 2º Congresso Latino-Americano de Energia Solar*, volume I, pp. 113-120, João Pessoa, Paraíba, Brasil.
- Lopardo, R., García, M. y Atienza, G. (1979) Comportamiento de un detector fotovoltaico en distintas condiciones. *Actas de la 5ta. Reunión de Trabajo de la ASADES*, tomo 1, pp. 5-11, Córdoba, Argentina.
- Selçuk, K. And Yellot, J. (1962) Measurements of Direct, Diffuse and Total Solar Radiation with Silicon Photovoltaic Cells. *Solar Energy* 6, 4, 155-163.