

**MEDIDOR DE INTENSIDAD DE RADIACIÓN SOLAR PARA UN CONCENTRADOR FRESNEL<sup>1</sup>**Cadena C<sup>2</sup>; Saravia L<sup>3</sup>.INENCO <sup>4</sup>Departamento de Física UNSA

Av Bolivia 5150 4400 Salta Argentina

E-mail: [cadena@ciunsa.edu.ar](mailto:cadena@ciunsa.edu.ar)**RESUMEN**

El presente trabajo describe un medidor de intensidad de radiación solar de tipo térmico, para ser empleado donde las intensidades superen los valores típicos, y en consecuencia no puedan emplearse los medidores convencionales. Tal es el caso de los concentradores-reflectores tipo fresnel donde los valores medidos de radiación solar pueden alcanzar cantidades veinte o treinta veces más que los habituales de radiación global sobre plano horizontal. Para el caso que nos ocupa, el concentrador está enfocado sobre una superficie de acumulación (placa absorbadora), que será empleada en una cocina solar.

**INTRODUCCION**

Entre las principales variables a medir para determinar intercambios energéticos en cada una de las etapas de un sistema solar se encuentran: la radiación y la temperatura. En conjunto con las masas y calores específicos de las partes, ellas determinan las cantidades de energía que se van transfiriendo. Las medidas de temperatura no presentan problemas de entidad, realizándose con termocuplas u otros sensores convencionales (como diodos, termistores, resistencias de platino o circuitos integrados específicos) y sistemas de captación de datos.

Para determinar la energía de entrada a la placa absorbadora (o de acumulación) de la cocina se consideran dos posibilidades: sensores de efecto fotoeléctrico, o bien sensores de tipo térmico, ello conlleva a lo siguiente:

- medir la elevación de temperatura de un bloquecito de cobre expuesto a la radiación.
- medir la corriente de cortocircuito de una pequeña celda fotovoltaica.

Es bien conocida la relación entre la corriente  $I_{sc}$  de cortocircuito de una celda de Si ( $I_{sc}$ ) y la radiación  $G$ , de forma tal que  $I_{sc}=k \cdot G$ , si se desprecia la corriente del diodo  $I_0$ . Sin embargo, debido a que el factor de concentración para este caso no es pequeño, incide sobre la celda una cantidad de radiación muy elevada, y por ende fuera de su zona normal de funcionamiento, tanto en radiación como en temperatura. Una solución a este problema es el empleo de filtros atenuadores. Lamentablemente, la medida se complica debido a la sensibilidad del detector con la posición del filtro y a la variación de temperatura de la celda (estos hechos fueron comprobados experimentalmente).

La otra metodología ha sido más sencilla de implementar y se basa en una medida indirecta: la de elevación de temperatura de un bloque de cobre sobre la base de la disposición que se ilustra en la figura. Debido a que la temperatura de equilibrio a que se llegaría es alta, se ha preferido medir la elevación de la temperatura como función del tiempo y relacionar la radiación incidente con la pendiente de la curva. Sin embargo existen algunos factores que pueden introducir alinealidades en la relación entre la radiación incidente y la pendiente de la curva que entrega la temperatura del bloque, como función del tiempo de calentamiento. Uno de ellos, podría ser el efecto de la conductividad térmica en la distribución de temperaturas en el bloque y la posición relativa de la termocupla en el mismo. El otro, es la pérdida convectiva a través del vidrio que protege el bloque, ya que la curva es en realidad exponencial debido a dichas pérdidas.

Con el fin de cuantificar estos efectos, se ha realizado una simulación computacional de la evolución de temperaturas, en la que el bloque se considera como una pared unidimensional que recibe energía en su superficie, y es adiabática en el otro lado. La pérdida a través de la cubierta vidriada se ha estimado con la fórmula de Klein, para el coeficiente convectivo de la superficie de un colector plano, debiéndose tener en cuenta la inclinación del sensor, y la distancia del bloque a la superficie vidriada, ya que en este caso es de solo 1,5 mm. aproximadamente. Se ha comprobado que para el caso del cobre con espesores de unos 6 mm, la respuesta es lineal en el tiempo y prácticamente independiente de la posición de la termocupla, como se muestra en la figura 1, para una radiación de 1000 vatios/m<sup>2</sup>. Esto se mantiene aún cuando la radiación se aumente por un factor elevado, de 10 a 30. Recién con conductancias del orden de la del hierro, se comienzan a apreciar diferencias a altas radiaciones. Por otra parte, para temperaturas del sensor de hasta 200°C el efecto de la pérdida térmica es muy pequeño.

<sup>1</sup> Parcialmente financiado CIUNSA

<sup>2</sup> Profesional CONICET

<sup>3</sup> Investigador Principal CONICET

<sup>4</sup> Instituto UNSa-CONICET

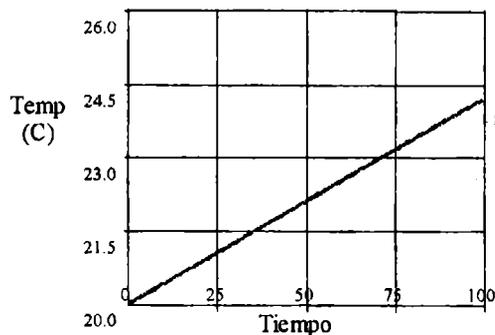


fig. 1: SIMULACIÓN DE LA EVOLUCIÓN DE LA TEMPERATURA

### EL SENSOR

En la figura 2 se observa un corte del sensor. El mismo consta de una plaqueta de cobre, de 20 x 20mm y 6mm de espesor, ha sido pintada en negro (con pintura especial para medidores de radiación) material aislante que lo recubre (espuma poliuretánica de aproximadamente 20 x 20 cm y una pulgada de espesor), separador aislante de 1,5mm, vidrio templado, y aluminio reflexivo en la superficie del conjunto, con una ventana por donde penetra la radiación.

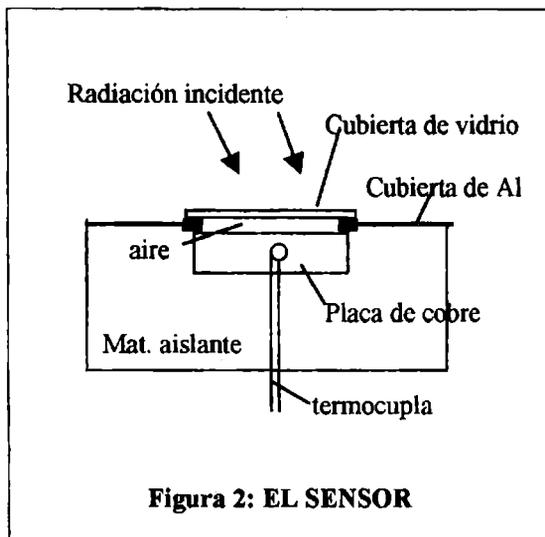


Figura 2: EL SENSOR

Las medidas no son absolutas y es necesario realizar una calibración. A estos efectos se ha utilizado la radiación solar sin concentración, contrastando los resultados contra un medidor de radiación Kipp y Zonen de tipo PSP y registrando las temperaturas con una termocupla y un sistema de adquisición portátil NUDAM 6000. La figura 3 muestra los datos obtenidos para distintos niveles de radiación.

La figura 4 muestra la dependencia experimental de la pendiente de la curva de elevación de temperatura del bloque con la radiación incidente.

Tal como se observa, los resultados experimentales de la figura 3, corresponden a la simulación, o sea que hay una relación lineal (dentro de ciertos límites) entre el tiempo de exposición del sensor a la radiación y su incremento de temperatura.

Por otra parte, también es lineal la relación entre la velocidad de elevación, y la radiación sobre plano horizontal, tal como se observa en la figura 4.

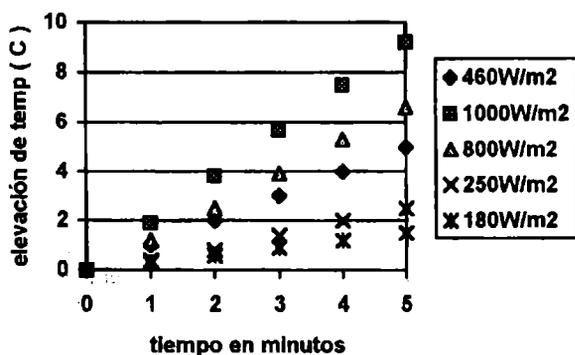


fig. 3

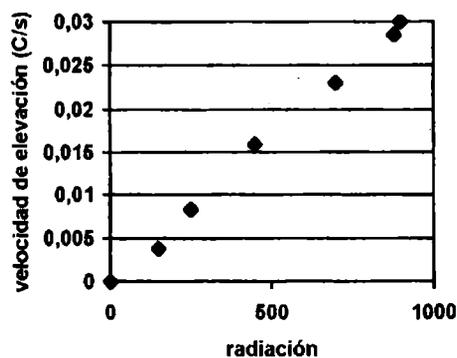
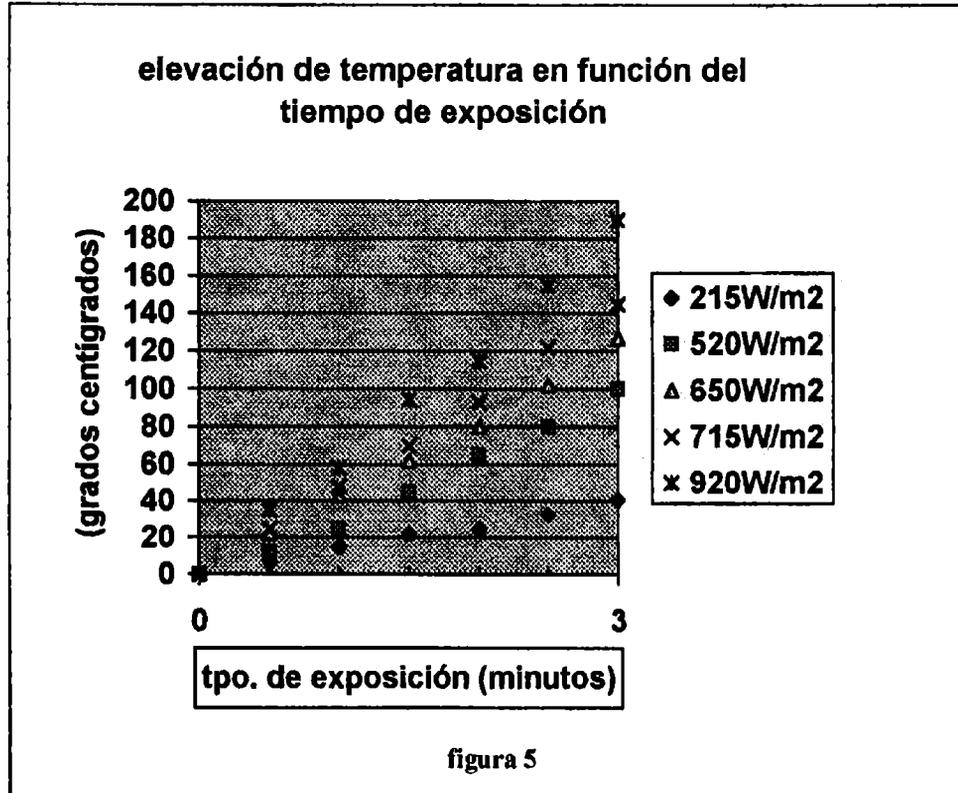


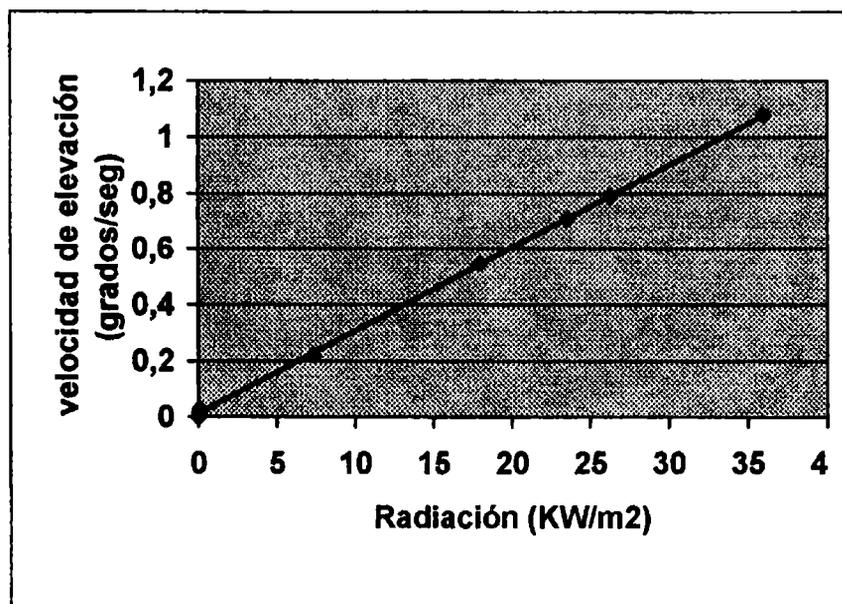
fig. 4

## RESULTADOS EXPERIMENTALES

Los valores medidos para altas intensidades de radiación se observan en las figuras 5 y 6. En la figura 5, se observa la relación entre la elevación de temperatura en el sensor y la radiación en el foco del concentrador (en plano normal al eje del rayo solar), aunque expresada en términos de "global sobre plano horizontal".



Se ha construido un prototipo compuesto de un concentrador, una cocina con una olla para 4 litros y dos bloques absorbentes de aluminio con el fin de calentar uno en el concentrador mientras el segundo está colocado en la cocina. El funcionamiento del concentrador fue adecuado. Usando una superficie gris colocada en lugar del absorbente, se observa una mancha iluminada cuasircircular de unos 10 cm de radiación, rodeada de otra cuya intensidad cae rápidamente. La zona con luz está bien contenida en el absorbente. Los resultados de las medidas preliminares de radiación dan valores en el centro de la mancha comprendidos entre 5 y 32kW/m<sup>2</sup> para valores de radiación mínimos y máximos (al atardecer y al mediodía).



## CONCLUSIONES

El funcionamiento del medidor prototipo ha sido promisorio obteniéndose una buena respuesta, en concordancia con el modelo computacional. Para niveles de radiación elevados, del orden de los 30kW/m<sup>2</sup>, se alcanzan rápidamente los doscientos grados centígrados, por lo que los tiempos de exposición no deben superar los tres minutos. A los efectos del cálculo, se emplearon valores relativamente bajos del coeficiente convectivo "H" (entre 4 y 10). Para perfeccionar el método, será necesario optimizar los parámetros constructivos.

## REFERENCIAS

- ECSCR-European Committee for Solar Cooking Research, (1994), Second International Solar Cooker Test, *Informe*
- Kariuki Nyahoro P., Johnson R. R. and Edwards J., (1997), Simulated Performance of Thermal Storage in a Solar Cooker, *Solar Energy*, 59, pp. 11-17.
- Khalifa A. M. A., Taha M.M.A. and Akyurt M., (1987), Design, Simulation and Testing of a new Concentrating Type Solar Cooker, *Solar Energy*, 36, pp. 79-88.
- Rabl A, (1981), Intermediate Concentration Solar-Thermal Collectors, *Solar Energy Handbook*, edited by J. F. Kreider and F. Kreith, cap. 8, pp. 1-41, Mc Graw-Hill.
- Segundo Congreso Mundial sobre estufas solares, (1994), *Organizado por el Depto. de Física de la Universidad Nacional de Heredia, Costa Rica.*
- Duffie, J. A; Beckman, W. 1991, *Solar Engineering of Thermal Processes*, Willey.
- Saravia, L; Cadena, C. Y otros, 1997, El uso de un concentrador sólido y móvil en una cocina solar con concentrador, *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* N°, pag. 69.