

# PIRANOMETRO DE BAJO COSTO A USAR CON SISTEMAS DE ADQUISICION DE DATOS

Luis Saravia y Carlos Cadena+

INENCO\*, Instituto de Investigación en Energía no Convencional  
Calle Buenos Aires 177, 4400, Salta, Argentina

## RESUMEN

En los equipos de captación de datos para el estudio de sistemas solares, el sensor solar de tipo térmico implica un porcentaje importante del costo total. Por otro lado, estos sensores dan señales pequeñas, por lo que necesitan de circuitos de amplificación si se usan las tarjetas de adquisición más comunes. En este trabajo se describe un sensor de radiación solar térmico apropiado para uso con sistemas de adquisición de datos y que puede ser construido a bajo costo con sensores térmicos de uso común. Se discute el procedimiento de calibración del mismo y los resultados obtenidos hasta el presente. El tiempo de respuesta medido es del orden del minuto.

## INTRODUCCION

El uso de sistemas de adquisición de datos formados por una computadora pequeña y una tarjeta de adquisición de bajo costo es de uso común hoy día en los estudios de sistemas solares realizados por laboratorios con un presupuesto restringido. La medida de radiación solar con piranómetros comerciales que usan pilas de tipo Moll tiene un costo relativo alto. Por otro lado, estos piranómetros dan señales en el orden de los milivoltios, por lo que necesitan de un acondicionamiento electrónico a posteriori si se usan tarjetas de adquisición que miden tensiones en el orden del voltio.

Por tales razones se propone en este trabajo el uso de un piranómetro de bajo costo y construcción artesanal basado en el uso de sensores de temperatura disponibles en el mercado y dispuestos en forma tal que el tratamiento de la señal se realice en la computadora, reduciendo al mínimo el circuito electrónico instalado en el sensor.

En las secciones que siguen se describe el piranómetro, se discuten las posibilidades de calibración y los datos medidos hasta el presente.

## DESCRIPCION

Entre los sensores de temperatura de bajo costo con una señal apreciable en el rango de medida esperable, se encuentran los termistores y los sensores integrados como el LM35. El LM35 tiene una señal muy lineal y con buenos valores, del orden de 10 milivoltios por grado centígrado, pero tiene el inconveniente de su masa, que da lugar a una constante de tiempo en aire de varios minutos. El termistor también tiene una señal con buenos valores, aunque es fuertemente alineal. Para su operación necesita de una fuente de corriente. Una muy simple se configura con un circuito integrado, el LM334. Por otro lado, hoy día se consiguen termistores de muy bajo costo, con un tamaño muy pequeño, de menos de 1 mm de diámetro, usados en termómetros clínicos

Se decidió construir el piranómetro con una superficie negra de baja masa cuya temperatura es medida con un termistor. La temperatura del ambiente hacia el cual pierde calor la superficie se obtiene midiendo la temperatura de la caja del piranómetro con un LM35 el que se puede usar porque que la masa de la misma es

\* Instituto UNSa - CONICET

+ Profesional Adjunto del CONICET

considerable. El termistor necesita de una fuente de corriente LM334, la que se coloca cerca del LM35 ya que la caja sufre menos variaciones de temperatura que alteren la corriente entregada. Se utiliza además un diodo de compensación térmica para disminuir las variaciones de corriente del LM334 con la temperatura.

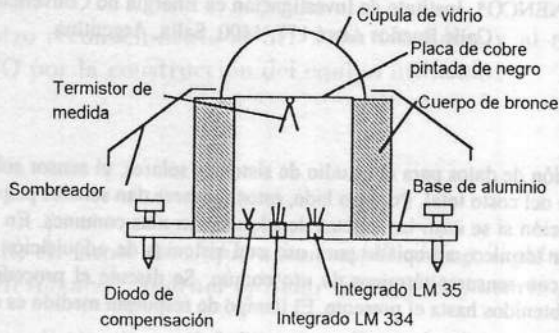


Fig. 1.- Corte esquemático del sensor de radiación.

La Fig. 1 muestra un esquema constructivo del sensor. El captor es una placa fina de cobre pintada de negro, ligeramente separada de un cuerpo cilíndrico de bronce y pegada al mismo con un adhesivo. Una cúpula de vidrio pyrex fabricada por un vidriero se apoya en el cuerpo de bronce y protege a la superficie. El termistor está pegado a la lámina por debajo. Una tapa de bronce atornillada en la parte inferior del cuerpo de bronce contiene el LM35 que mide la temperatura de la caja, así como la fuente de corriente LM334 y el diodo de compensación. Los tres elementos están muy cerca unos de otros, por lo que se encuentran a la misma temperatura.

Por debajo de la placa se coloca un aislante para evitar las pérdidas hacia abajo. El aislante no está en contacto con la placa evitando el aumento de la masa térmica.

La caja está pintada de blanco y se encuentra protegida por un sombreador blanco.

La Fig. 2 muestra un esquema de las conexiones eléctricas de los sensores térmicos. El LM35 solo necesita la alimentación de tensión continua. El termistor necesita la fuente de corriente consistente en un LM334 con un circuito de compensación con un diodo. Del sensor salen 4 cables: la tensión continua, la tierra y las medidas de tensión en los dos sensores.

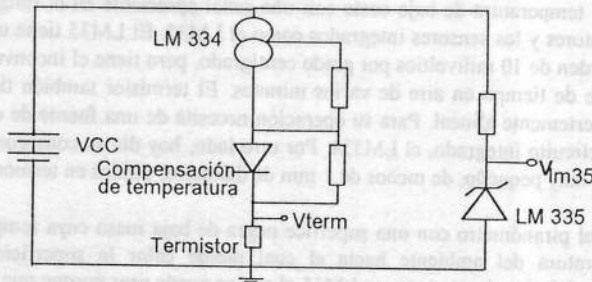


Fig. 2.- Esquema del circuito electrónico incorporado al instrumento.

Se ha armado un primer prototipo del instrumento. Se ha utilizado una placa de cobre de 0.1 mm de espesor y un diámetro de 30 mm. La cúpula fue soplada por un vidriero, siendo el único elemento que requiere de un trabajo especializado. Las piezas de bronce fueron torneadas a partir de una barra. El valor total de los

materiales y mano de obra fue de unos US\$ 80.

## CALIBRACION

La placa de cobre aumenta su temperatura con la radiación recibida,  $G$ , hasta un valor  $T_p$  tal que las pérdidas de la placa hacia el exterior a temperatura ambiente  $T_a$  equilibran la potencia  $G$  recibida. Si se admite una relación lineal entre las pérdidas y la diferencia de temperatura, se tiene

$$G = k.(T_p - T_a), \quad [1]$$

donde  $k$  es una constante a determinar.

La temperatura  $T_p$  se mide con el termistor. El cuerpo del medidor se ha pintado de blanco y cubierto con un sombreador, de manera que su temperatura es similar a la ambiente. Por tanto, la temperatura  $T_a$  es medida por el LM35. La tensión medida sobre el termistor,  $V_p$ , se relaciona con la temperatura  $T_p$  a través de la siguiente expresión

$$V_p = R.I_0.Exp(A/T_p) \quad [2]$$

donde  $R$  y  $A$  son constantes e  $I_0$  es la corriente entregada por el LM334. La temperatura está expresada en grados Kelvin. De la expresión [2] se puede despejar  $T_p$  como función de  $V_p$ .

La tensión medida sobre el sensor LM35 es proporcional a la temperatura ambiente expresada en grados centígrados,  $t_a$  :

$$V_a = C.t_a \quad [3]$$

Reemplazando los valores de las temperaturas en [1] a partir de las expresiones [2] y [3] se tiene

$$G = k.[a/[\ln(V_p)-\ln(R.I_0)] -273.15 - V_a/C] \quad [4]$$

La calibración del instrumento se deberá realizar en dos etapas. En primer lugar se coloca el instrumento en una estufa y se mide  $V_p$  y  $V_a$  como función de la temperatura. Estableciendo una correlación lineal entre  $\ln(V_p)$  y  $1/T_p$  se determinan las constantes  $A$  y  $\ln(R.I_0)$  de acuerdo a [2]. En forma similar, la correlación entre  $V_a$  y la temperatura de la estufa determina la constante  $C$ .

En segundo lugar se colocará el instrumento y un piranómetro a usar como patrón al sol en condiciones adecuadas y se medirá  $G$ ,  $V_p$  y  $V_a$ . La correlación entre los mismos, de acuerdo a la expresión [4], determinará el valor de la constante  $k$ .

## MEDIDAS REALIZADAS

Se ha realizado el proceso de calibración con el prototipo construido. La correlación entre la temperatura de placa  $T_p$  y la tensión medida  $V_p$  se muestra en la Fig. 3. La relación entre la temperatura  $T_a$  y la tensión correspondiente resultó ser de 10.16 milivoltios por grado centígrado. Finalmente, la correlación para determinar la constante  $k$  de la expresión [4] se muestra en la Fig. 4.

También se ha determinado la constante de tiempo del instrumento midiendo la variación de  $V_p$  con el tiempo cuando el instrumento es expuesto súbitamente a una radiación constante  $G$ . La Fig. 5 muestra el resultado obtenido, donde se aprecia que la señal medida se estabiliza a partir del minuto de iniciada la experiencia.

## CONCLUSIONES

Las medidas realizadas hasta el momento con el instrumento son razonables, tal como se aprecia en las correlaciones de las figuras 3 a 5, aunque todavía se deberán realizar varios ensayos para determinar los errores que pueden esperarse en su utilización.

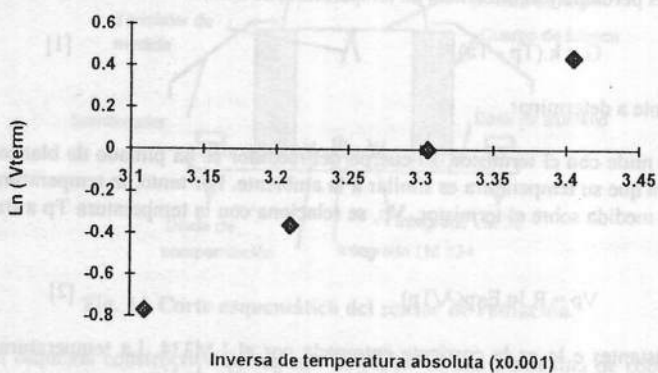


Fig. 3.- Correlación entre señal de salida del termistor y la inversa de su temperatura absoluta

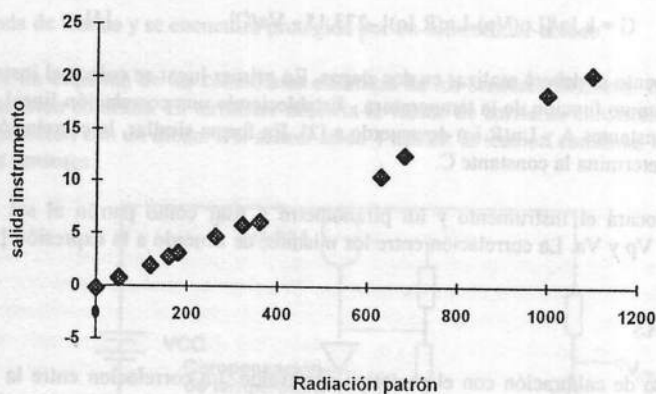


Fig. 4.- Correlación entre el valor medido por el instrumento y la radiación determinada por el patrón.

Los sensores de temperatura pueden ser calibrados por separado antes de ser colocados en el instrumento. No

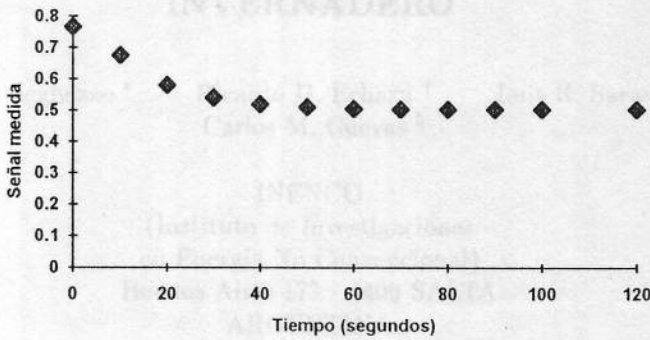


Fig. 5.- Señal de salida del instrumento como función del tiempo cuando se ilumina súbitamente con radiación constante.

obstante, se ha preferido ensayar la calibración dentro del instrumento teniendo en cuenta la necesidad de realizar recalibraciones periódicas.

## 1. INTRODUCCIÓN.

El estiércol vacuno es un sustrato excelente para la digestión anaeróbica. Existen numerosos trabajos que sugieren que el tratamiento de los desechos de los tambos mediante esta vía permite aprovechar el potencial energético de los mismos y mejorar la calidad del efluente final que puede, a su vez, ser utilizado como abono o mejorador de suelos [1] [2] [3] [4].

Se exponen los resultados de la operación de un digestor continuo alimentado con estiércol vacuno. El digestor funciona desde el año 1993, habiéndose obtenido resultados de operación en diferentes estadios del año, que permitirán conocer su comportamiento ante diversas variaciones de temperatura ambiente.

La existencia de nuevos tipos de invernaderos modulares de bajo costo [5] favorece su empleo como sistema de calificación de biodigestores, reduciéndose notablemente los tiempos de instalación. Se están realizando estudios de maduración en

\*Becario CONICET

†INENCO UNBs-CONICET

‡Director INENCO UNBs-CONICET

§INQUII (Instituto de Investigaciones para la Industria Química) UNBs-CONICET