



Desarrollo de Sistema de Medición y Evaluación del Potencial de Radiación Solar Usando Instrumentación Virtual

F. Chico¹, J.A. Aristizabal² y G. Gordillo²

¹Departamento de Física, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá

²Universidad de la Amazonía, Florencia

Recibido 22 de Oct. 2007; Aceptado 15 de Oct. 2008; Publicado en línea 5 de Ene. 2009

Resumen

En este trabajo se dan detalles del diseño y de la implementación de un sistema de alta tecnología con facilidades para medir, adquirir y evaluar la radiación solar global. El piranómetro usado para medir la radiación fue fabricado usando un fotodiodo de Si como sensor y el sistema de adquisición y procesamiento de datos fue desarrollado usando instrumentación virtual y el paquete LabView 7.1. Previo a la puesta en operación del sistema de adquisición, el piranómetro fue calibrado usando como referencia el piranómetro CM3 de la firma Kipp&Zonnen que es un dispositivo tipo termopila certificado mediante la norma ISO 9060 de 1990. El sistema se puso en operación en Noviembre de 2006 y hasta la fecha han funcionado ininterrumpidamente y en forma confiable.

Palabras claves: Instrumentación virtual, radiación solar, piranómetro

Abstract

In this work details are given concerning the design and the implementation of a high technology system with facilities for measuring, acquisition and evaluation the global solar radiation. The pyranometer used for measuring the radiation was fabricated using a Si-photodiode as sensor and the data acquisition system was developed using Virtual Instrumentation and the LabView 7.1 package. Previously to start functioning the acquisition system, the pyranometer was calibrated using as reference the pyranometer CM3 of the firma Kipp&Zonnen which is a thermopile type device, certified by means the norm ISO 9060 of 1990. The operation of the system was started in November of 2006 and until now has functioned in reliable way, without interruption.

Keywords: Virtual instrumentation, solar radiation, pyranometer.

© 2009 Revista Colombiana de Física. Todos los derechos reservados.

1. Introducción

La adquisición de datos en sistemas de medición y monitoreo de variables ambientales, en general siguen una arquitectura tradicional que emplea Dataloggers o microcontroladores [1,2]. En este trabajo se desarrolló e implementó un sistema novedoso de medición y monitoreo de la radiación solar global usando el concepto de Instrumentación Virtual [3,4], donde el software es el elemento principal del sistema, a diferencia de la instrumentación tradicional, donde lo principal es el hardware. El sistema desarrollado permite medir y monitorear en tiempo real la radiación solar, usando un piranómetro de bajo costo con fotodiodo de silicio como sensor y un instrumento virtual desarrollado e implementa-

do usando la tarjeta DAQ6221 como hardware y el paquete LabView como software. Información confiable sobre la radiación solar global medida en el municipio de Florencia usando el sistema desarrollado, será reportada en este trabajo.

2. Descripción del Sistema de Medición y Monitoreo de Radiación Solar

La figura 1 muestra un diagrama de bloques del sistema desarrollado. Este está conformado por el piranómetro y el sistema de adquisición, procesamiento y visualización en tiempo real de datos. Las funciones de medición, adquisición, procesamiento y visualización de datos son realizados

a través de un Instrumento Virtual desarrollado con LabVIEW 7.1, cuyo panel frontal se muestra en la Fig.2. En este se visualiza, el valor actual de la radiación solar global (en W/m²) y una gráfica indicando la variación en el tiempo de la radiación solar.

2.1 Piranómetro

Para medir la radiación solar se usó un piranómetro desarrollado e implementado por el grupo de investigación GMS&ES de la Universidad Nacional, el cual usa un fotodiodo de silicio como sensor.

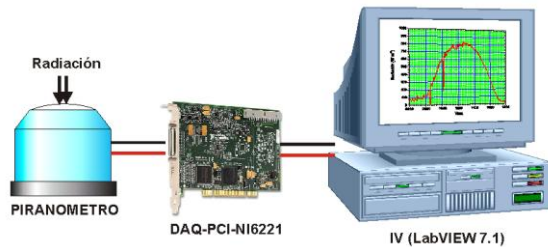


Fig. 1: Diagrama de bloques del Sistema de Medición y Monitoreo de la radiación solar

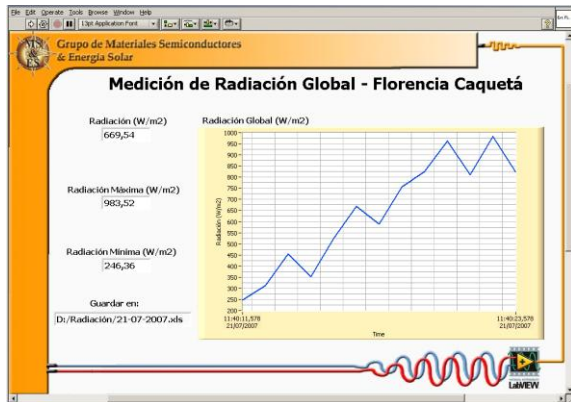


Fig. 2: Panel frontal del Instrumento Virtual.

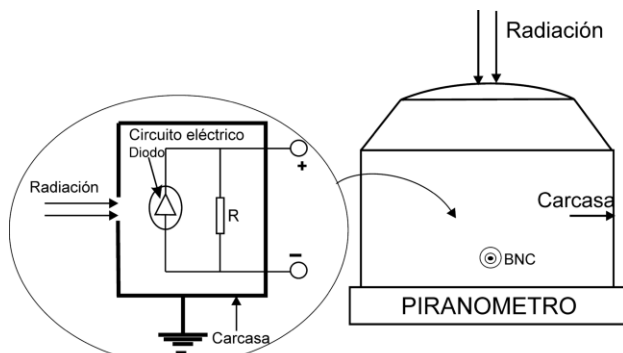


Fig. 3: Esquema del circuito eléctrico de medida del fotovoltaje y de la estructura del piranómetro implementado para medir radiación solar.

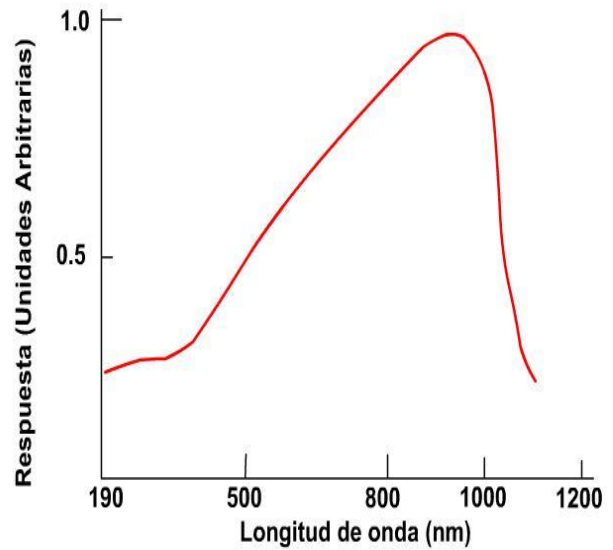


Fig. 4: Respuesta espectral del fotodiodo PDU-C112-Q usado

En la Fig. 3 se muestran la estructura y el circuito eléctrico de medida del piranómetro desarrollado para realizar las medidas de radiación solar. Este consiste en una carcasa metálica en cuyo interior se encuentra el fotodiodo de Si que es iluminado a través de un domo de vidrio, el circuito de medida del fotovoltaje generado y los cables de conexión. En la fig.4 se muestra la respuesta espectral del fotodiodo de Si de la firma Photonic Detectors (ref. PDU-C112-Q) que fue usado. Las características eléctricas de este fotodiodo son: Rango Espectral de 190 a 1200 nm, sensibilidad de 33 $\mu\text{V}/(\text{W}/\text{m}^2)$ y tiempo de respuesta de 350 ns.

Cuando se ilumina el fotodiodo de Si que es operado en el modo fotovoltaico, se genera una fotocorriente I_{ph} de portadores minoritarios que genera en la resistencia de carga R un voltaje cuyo valor es proporcional a la intensidad de la radiación incidente, siempre y cuando R sea mucho menor que la resistencia serie del diodo.

2.1.1 Calibración del piranómetro

Un método de calibración tradicional, consiste en hacer mediciones durante un periodo de tiempo largo, usando simultáneamente un piranómetro estandarizado y el piranómetro a calibrar. Este procedimiento fue usado para calibrar el piranómetro implementado en este trabajo, para lo cual se compararon las medidas de radiación solar realizadas durante 3 meses con nuestro piranómetro con las realizadas con un piranómetro calibrado tipo termopila CM3, Kipp & Zonnen que es un dispositivo certificado mediante la norma ISO 9060 de 1990 [5,6]. Con los datos de radiación solar obtenidos se construyó una curva de ϕ_{CM3} vs ϕ_{SP} , donde ϕ_{CM3} es la radiación solar global medida en W/m² con el piranómetro de referencia y ϕ_{SP} la radiación solar global

medida con el piranómetro nuestro. Mediante un ajuste de mínimos cuadrados, se linealizó la curva de ϕ_{CM3} vs ϕ_{SP} en un rango entre 0 y 1200 W/m². El factor de linealización se introdujo en el Instrumento Virtual (IV) desarrollado para la medición y adquisición de datos de radiación, con lo cual se consiguió que las medidas realizadas con el piranómetro implementado por nosotros fueran aproximadamente igual a las realizadas con el piranómetro de referencia CM3. La comparación de los datos de radiación solar global promedio medidos con los dos piranómetros, dieron como resultado un factor de correlación de 0.998.

2.2.2 Sistema de adquisición y procesamiento de datos.

El piranómetro genera una señal de voltaje proporcional a la intensidad de la radiación solar. Esta señal es adquirida a través de una tarjeta NI-DAQ-6221 con resolución de 16 bits y velocidad de adquisición de 833 kS/s. Posteriormente, a través del IV, la señal de fotovoltaje es procesada y convertida a radiación solar en W/m². El sistema permite hacer medidas con una resolución de 2.42W/m² y adicionalmente procesar y almacenar los datos en la memoria del computador y visualizar en tiempo real en la pantalla del computador datos de radiación solar tanto gráficamente como numéricamente.

3. Resultados

En La figura 5 se muestran perfiles diarios de radiación solar global medidos en Florencia en días caracterizados por condiciones climáticas diferentes que van desde el día más claro ocurrido el 5 de Febrero/2007 y el día mas nublado que ocurrió en Noviembre 20/2007. La figura 6 muestra la variación diaria del promedio diario de radiación solar global medida desde el 17 de Noviembre de 2006 y el 28 de Febrero de 2007 en la ciudad de Florencia.

4. Conclusiones

Se desarrolló e implementó un prototipo de sistema de medición y monitoreo del nivel de agua que opera autónomamente. El sistema incluye un sensor ultrasónico de nivel y un sistema de medición y adquisición de datos desarrollados con instrumentación virtual. Las pruebas realizadas a nivel de laboratorio indicaron que el sistema de monitoreo desarrollado es altamente confiable y permite hacer medidas con una precisión de $\pm 0.5\%$ del rango y una resolución de 1.5 mm. Como el prototipo desarrollado incluye facilidades para activar una alarma sonora cuando un río sobrepase un nivel definido con precisión como de riesgo, el desarrollo realizado en este trabajo podría ser usado para implementar en el futuro sistemas que alerten oportunamente a población que vive en zonas de alto riesgo de inundaciones.

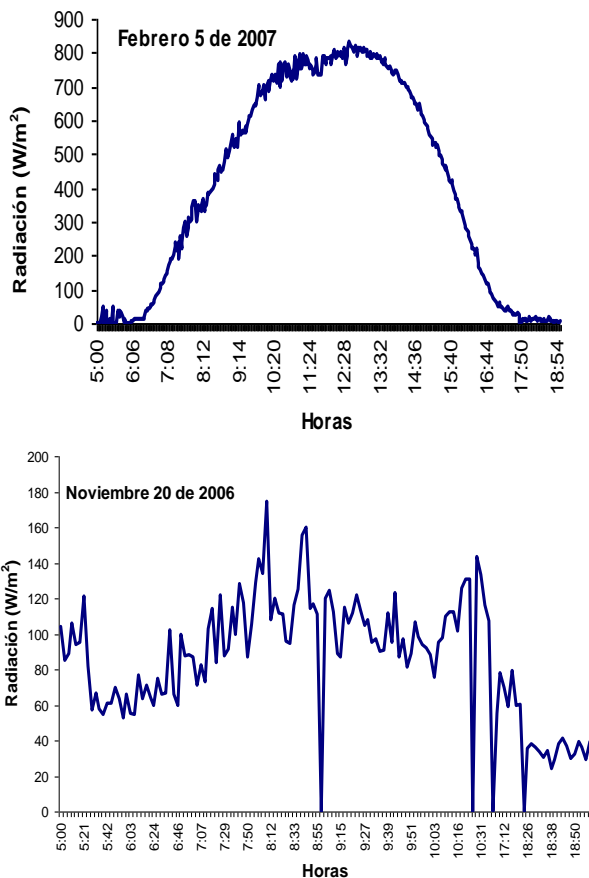


Fig. 5: Perfil diario de radiación solar global correspondiente a un día muy claro y a un día muy nublado.

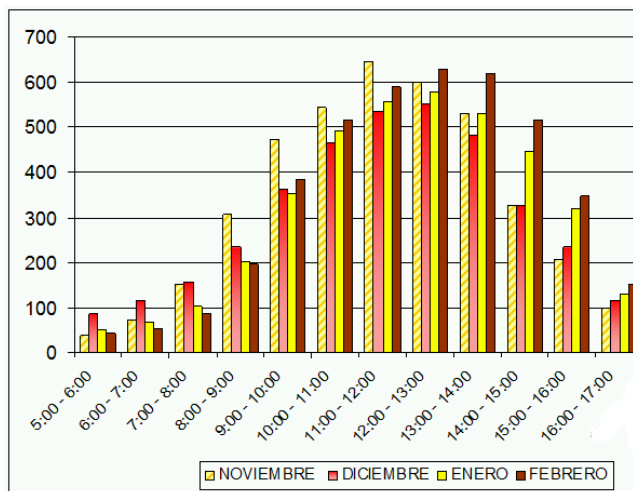


Fig. 6: Variación del promedio horario de radiación solar global para Noviembre y Diciembre de 2006 y Enero y Febrero 2007

Agradecimientos: Este trabajo fue financiado por Colciencias y la Universidad Nacional

Referencias

- [1] R. Mukaro, X.F Carelse, L. Olumekor, *Solar Energy* 63 (1998) 313–321.
- [2] R. Mukaro, X.F Carelse, *IEEE Trans. Instrument. Meas.*, 48 (1999) 1232–1238.
- [3] G. W. Johnson, R. Jennings, “*LabVIEW, Graphical Programming*” (Third Edition, McGraw-Hill, 2006).
- [4] R. Bishop, “*Learning with LabVIEW 8*” (Prentice Hall, 2007).
- [5] International Organization for Standardization. Solar energy. Specification and classification of instruments for measuring hemispherical solar and direct solar radiation. www.iso.org/9060.
- [6] ASTM, 1997. Standard E913-97, Standard Method for Calibration of Reference Pyranometers with Axis Vertical by the Shading Method, American Society for Testing and Materials, 1997. American Society for Testing and Materials, West Conshohocken, PA.