



Análisis del Desempeño de una Estación Autónoma de Medición y Monitoreo y Evaluación Estadística de las Medidas de las Variables Ambientales Adquiridas

N. L. Forero^a, L. M. Caicedo^b, G. Gordillo^b

^aUniversidad Distrital, Licenciatura en Física, Sede Macarena A, Bogotá, Colombia.

^bUniversidad Nacional, Departamento de Física, Bogotá, Colombia.

Recibido 23 de Oct. 2007; Aceptado 6 de Mar. 2009; Publicado en línea 30 de Abr. 2009

Resumen

Se presenta una evaluación y análisis estadístico descriptivo de las medidas de variables ambientales obtenidas a partir de una estación autónoma de medición y monitoreo instalada en el Departamento de Física de la Universidad Nacional, sede Bogotá. La estación emplea un sistema de adquisición de datos con comunicación inalámbrica a una estación remota, desarrollado usando Instrumentación Virtual y ha operado eficientemente sin interrupción desde el año 2004 adquiriendo datos de radiación solar global, velocidad y dirección de viento y temperatura ambiente. Una comparación de datos registrados en la estación con los registrados en una estación meteorológica del IDEAM comprueba que la estación desarrollada y los datos obtenidos con ésta, son confiables.

Palabras Clave: Instrumentación Virtual, LabVIEW, Comunicación inalámbrica, sensores.

Abstract

This paper presents a descriptive statistical analysis and evaluation of the measures of environmental variables obtained from an independent station for measuring and monitoring installed in the Department of Physics, National University, Bogotá. The station uses a data acquisition system with wireless communication to a remote station, built using Virtual Instrumentation. It has operated efficiently without interruption since 2004 by acquiring data from global solar radiation, wind speed and direction and temperature. A comparison of data recorded at the station with those recorded at a meteorological station IDEAM proves that the station developed and the data obtained from it, can be relied upon.

Keywords: Virtual Instruments, LabVIEW, Wireless, sensors.

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

1. Introducción

Se han configurado un sistema de sensores de variables ambientales, uno de medición, adquisición y almacenamiento de datos y un sistema de comunicaciones y de recepción de la información, soportados en un sistema de generación eléctrica que brinda autonomía de operación a todos los componentes, para desarrollar una estación autónoma [1]. Las variables que se miden son

temperatura ambiente, radiación solar global, velocidad y dirección del viento, entre otras. Los reportes de promedios minuto, hora y diarios, se generan a través de un software de comunicaciones que establece un puente de comunicación entre la estación y un computador remoto. La estación ha venido operando eficientemente durante los últimos cuatro años.

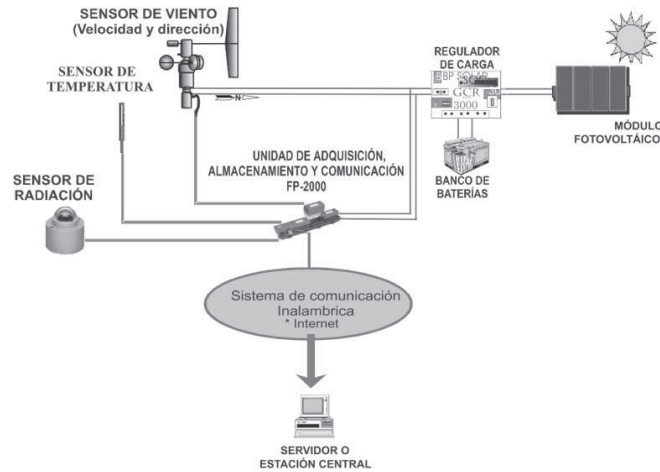


Figura 1. Diagrama general de bloques de la estación.

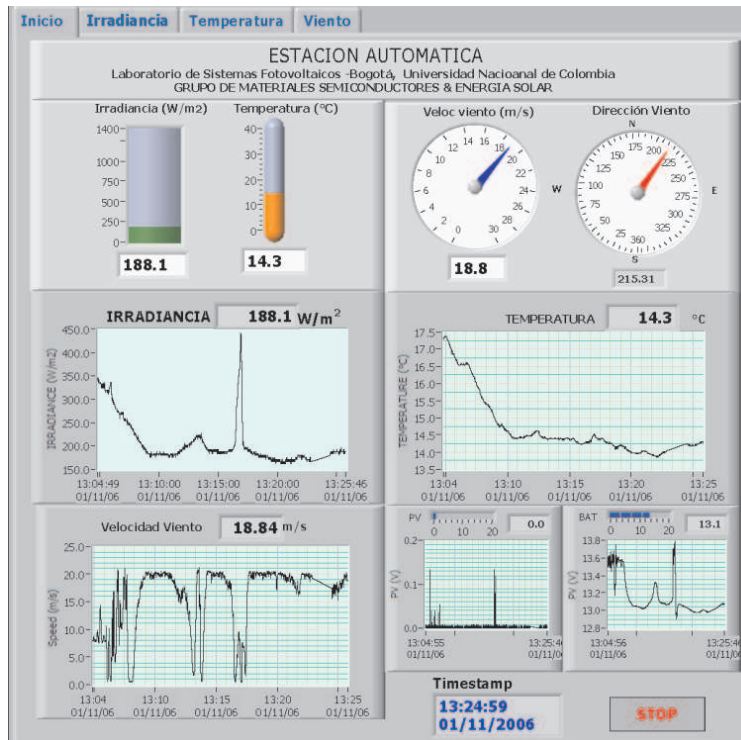


Figura 2. Panel Frontal del Instrumento Virtual general desarrollado.

2. Descripción de la estación

La arquitectura general de la estación autónoma se muestra en la fig.1. Está conformada por tres sistemas básicos: uno de adquisición y comunicación de datos [2], otro por los sensores y otro por el sistema fotovoltaico que suministra el fluido eléctrico para la operación autónoma de la estación. Estos sistemas están montados en una torre de diseño estándar; los datos se

transmiten inalámbricamente mediante un sistema Wi-Fi a un PC ubicado en un laboratorio.

El componente central del sistema de adquisición y comunicación, es un dispositivo que cumple funciones de control y adquisición de datos, es un módulo I/O Field Point-2000, desarrollado por National Instruments (www.ni.com). Posee una Interface de red Ethernet compatible IEEE-802.3 con tasa de comunicación

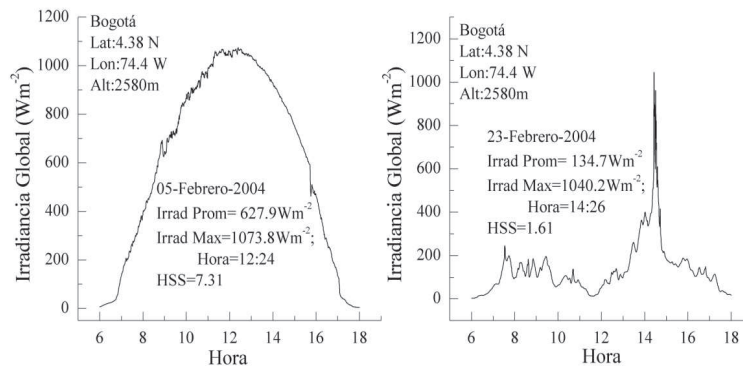


Figura 3. Irradiación solar global para dos días tomados como ejemplo.

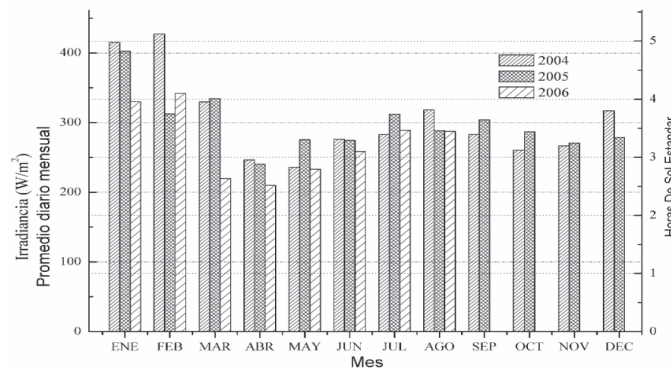


Figura 4. Promedios de G_{DM} y HSS en el 2004, 2005 y parte del 2006.

entre 10Mbps y 100 Mbps, que cumple los protocolos TCP/IP, siguiendo la arquitectura Cliente/servidor.

La arquitectura de la estación opera el FP-2000 como nodo de red o como unidad autónoma, ya que posee un procesador x86 Intel de bajo consumo, cuya disipación es de 4.5 W y usa el sistema operativo LabVIEW Real-Time y memoria flash interna, con los cuales se cumplen las diferentes funciones de monitoreo, adquisición de datos, procesamiento y control. El sistema de comunicación requiere de una unidad local, denominada Punto de Acceso (o Access Point) que transmite los datos adquiridos, a través del sistema Wi-Fi para acceso inalámbrico. Acoplado al FP-2000 opera el módulo de Adquisición y Acondicionamiento FP-AI-100, que adquiere las señales eléctricas provenientes de los diferentes sensores. La digitalización de las señales la realiza un CA/D de 12-bits de resolución, con 8 canales de entrada de voltaje (V_{in}), en 11 diferentes rangos, distribuidos desde 0-1V y desde 0-30 V con resoluciones efectivas desde 1.5 mV hasta 25 mV. El sistema de sensores y de acondicionamiento electrónico, está compuesto entre otros, por un piranómetro tipo fotodiodo SP LITE, de la firma Kipp&Zonen conectado en modo fotovoltaico

(www.kippzonen.com), que opera como sensor de radiación solar. Posee un rango espectral entre 400nm y 1100 nm, con sensibilidad de $72\mu V/Wm^{-2}$ y tiempo de respuesta inferior a 1s. La señal de voltaje generada es proporcional a la radiación incidente. Otro sensor es el de Temperatura Ambiente, que emplea la variación de la resistencia eléctrica en función de la temperatura como propiedad para determinar la temperatura. Un termistor NTC con referencia de 5KOhm a temperatura estándar de 25°C es empleado [3]. El tercer sensor de Velocidad y Dirección del Viento, es un anemómetro tipo copas (cazoletas), Met One 034B de la firma Campbell Scientific (www.metone.com). El anemómetro genera un tren de pulsos proporcional a la velocidad del viento. La frecuencia de los pulsos medida, se convierte electrónicamente en una señal eléctrica proporcional a la velocidad del viento. Cada una de las señales obtenidas de los sensores, se incorpora al sistema de adquisición de datos a través de uno de los canales del modulo FP-AI-100.

El tercer sistema que se describe es el que da soporte energético para la operación autónoma de la estación. Como condición se requiere que la tensión nominal de

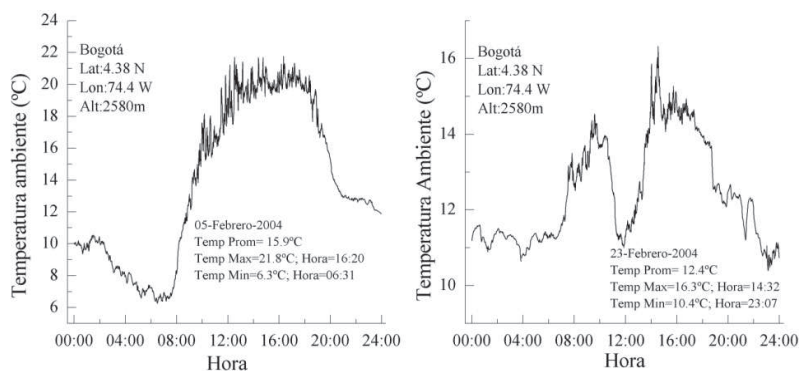


Figura 5. Temperatura ambiente para los días 5 y 23 de febrero de 2004 tomados como ejemplo.

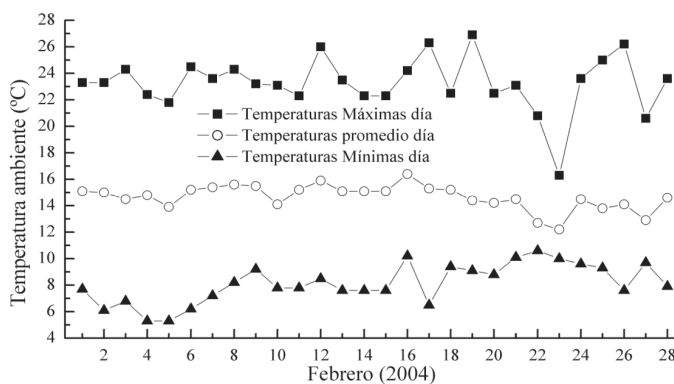


Figura 6. Estadística descriptiva de valores medios de temperatura para el mes de febrero de 2004.

entrada de los componentes sea de 12VDC. Un sistema fotovoltaico autónomo, compuesto por un generador fotovoltaico, un banco de baterías y un regulador de carga, brinda el soporte[4].

Las funciones de control, adquisición, procesamiento estadístico, almacenamiento de datos y visualización de las medidas obtenidas con los diferentes sensores que conforman la estación, se desarrollan a través de Instrumentos Virtuales, IV. Estos se construyen usando el software de programación gráfica LabVIEW 7.1. El IV principal denominado ESTACIÓN AUTOMÁTICA-UN, se muestra en la Fig.2, está a su vez constituido por diversos sub-IV desarrollados para la medida de de las señales obtenidas de cada uno de los sensores y para el monitoreo del desempeño del generador FV. Los datos adquiridos a partir de los IV, se almacenan en formatos .tex, .dat, .xls, o .xml, en el disco duro del PC.

3. Resultados y Análisis

A partir de los valores promedio minuto, horario y día, de cada variable medida, se hace un análisis estadístico descriptivo. La primera fase describe el comportamiento diario; la segunda, constituye el análisis descriptivo por mes y la tercera por año. Para la Irradiancia

Solar Global $G(0)$, las bases de datos obtenidas durante los años 2004 a 2006, permiten extraer información de importancia para el dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos [5], como el cálculo de HSS_{DM} que es el número de horas diarias de radiación estándar [6], esto es, el promedio de horas diarias en las que se tendría un sol con irradiancia de $1000W/m^2$. La figura 3, muestra las gráficas de $G(0)$ para los días 5 y 23 de febrero del 2004, a manera de ejemplo. El proceso se repite para todos y cada uno de los días e igualmente para el promedio diario mensual de irradiancia solar global $G_{DM}(0)$, se complementa el análisis con la información por año. La figura 4, resume los resultados de este proceso.

En un proceso análogo, la Fig.5, representa las medidas de la temperatura ambiente, para los mismos días. De los valores críticos estadísticos obtenidos, se calculan los valores medios. Los resultados del análisis mensual se muestran en la Fig.7, en la que se observa las temperaturas medias durante el mes de febrero de 2004. La temperatura promedio diaria obtenida a partir de las medidas hechas en los tres años de análisis es de $T_{MD} = 14.32^{\circ}C \pm 4.8\%$.

Para la Velocidad y Dirección de Viento, con base en

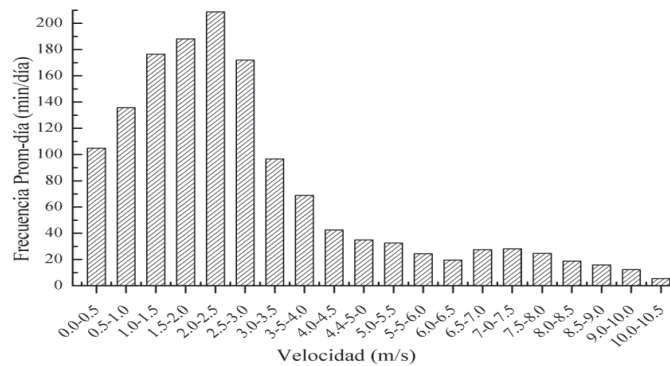


Figura 7. Distribución de frecuencias de velocidad promedio minuto por intervalos, para 13 meses de adquisición de datos hasta agosto de 2006.

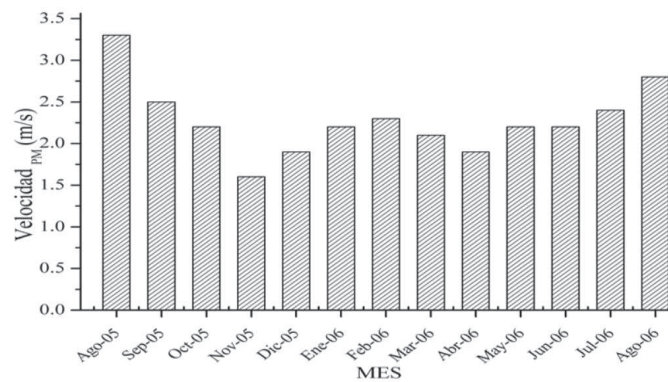


Figura 8. Promedios diarios mensuales para la velocidad de viento durante los meses de agosto de 2005 a agosto de 2006.

los promedios minuto capturados para cada día desde agosto del 2005, se calcularon los promedios horario-día y los promedios día-mes. Una fase inicial corresponde al análisis del comportamiento diario a partir de las velocidades horarias, posteriormente, se construye para cada mes la distribución de frecuencias de velocidad, agrupando sus valores por intervalos, conforme se reporta oficialmente. Un ejemplo de este proceso, se presenta en la figura 8.

Por su parte, la distribución de la magnitud de la velocidad de viento por meses, obtenida a partir de los promedios diarios se presenta en la figura 9. El promedio general de la magnitud de velocidad del viento a partir de los promedios mensuales, es $V_{Prom/mes} = 2.3\text{m/s} \pm 0.4\text{ m/s}$. Estos resultados están dentro de los órdenes de los promedios de velocidad de viento reportados oficialmente, para un intervalo de confianza del 95%.

Conclusiones

Se ha desarrollado una estación de medición y adquisición de datos automática que emplea el concepto de Instrumentación Virtual y sistemas modulares tipo

I/O Field Point. Es un prototipo de bajo costo, comparado con las estaciones comerciales, versátil, de facilidad de manejo y de empleo en áreas remotas. Su operación autónoma radica en la incorporación de un sistema fotovoltaico autónomo que suministra la potencia eléctrica requerida. Un sistema de comunicación inalámbrica, brinda acceso directo en tiempo real a las medidas, monitorea, visualiza y presenta numérica y gráficamente valores de parámetros ambientales y de operación. Se mide y hace seguimiento de los parámetros de operación del sistema de generación fotovoltaica, así como del desempeño de las baterías. El sistema ha estado en operación desde julio de 2003 y se ha desempeñado eficiente, con un intervalo de confianza del 98.2% en sus operaciones. Este trabajo ha tenido el apoyo de Colciencias y la Universidad Nacional de Colombia.

Referencias

- [1] N. Forero. "Desarrollo de un Prototipo de Estación Autónoma de Medición Automática de Radiación Solar, Velocidad de Viento y Temperatura Ambiente". Tesis Doctoral en Ciencias-Física. Universidad Nacional de Colombia. Dpto. De Física, 2006.

- [2] E. Koutroulis, K. Kalaitzakis, "Development of an integrated data-acquisition system for renewable energy sources system monitoring", *Renewable Energy*. 28 139-152, (2003)
- [3] John S. Steinhart and Stanley R. Hart. Calibration curves for thermistors. *Deep Sea Research and Oceanographic Abstracts*, Volume 15, Issue 4, August 1968, Pages 497-503
- [4] N. Forero., et. Al., "Development of a monitoring system for a PV solar plant", *Energy Conversion and Management* 47 (2006) 2329-2336
- [5] A. Luque & S. Hegedus. "Handbook of Photovoltaic Science and Engineering". Wiley. (2003)
- [6] A T. Markvart & L. Castañer. Editors: *Practical handbook of Photovoltaics Fundamental and Applications*. Elsevier. 203 PP 517-529