

# Diseño e Implementación de un Prototipo de Estación Meteorológica

Diego A Bravo, Alexander García, Walter Muñoz

Departamento de Física  
Universidad del Cauca  
Popayán, Colombia  
dibravo@unicauca.edu.co

(Recibido el 8 de Junio de 2012, Aceptado el 15 de Octubre de 2012)

**Resumen** —El estudio y el monitoreo permanente de los factores climáticos, contribuye en forma importante a la prevención de desastres y permite además esbozar un modelo de conducta que ayuda a predecir las características actuales del clima de nuestro planeta, para lo cual es necesario el monitoreo de las diferentes variables físicas involucradas. Este trabajo describe el proceso de diseño y construcción de un sistema prototipo de monitoreo de dirección y velocidad del viento, presión atmosférica y temperatura ambiente. Se muestran las diferentes pruebas realizadas en la ciudad de Popayán junto con su respectivo análisis.

**Palabras Clave:** Variables Físicas, Monitoreo, Sistema, Prototipo.

**Abstract** —The study and permanent monitoring of climatic factors, contributes significantly to the prevention of disasters and allows outlining a role model that helps predict the current characteristics of the climate of our planet, which is necessary to monitor the different physical variables involved. This paper describes the design process and construction of a prototype system to monitor wind speed and direction, atmospheric pressure and room temperature. Shows the different tests performed in the city of Popayan along with their analysis.

**Keywords:** Physical variables, Monitoring, System, Prototype.

## I. INTRODUCCIÓN

La influencia del clima en las costumbres y el modo de vivir y es innegable, la agricultura continúa dependiendo casi enteramente del clima, [13]. En una región como la nuestra que goza de una gran variedad de climas, en la cual se pueden hallar todos los pisos térmicos y donde la agricultura ocupa el primer renglón de su economía, el monitoreo y la vigilancia de las variables climáticas adquiere un impacto importante ya que es el primer paso para desarrollar un modelo de su comportamiento, con el cual la toma de decisiones frente a la siembra y aspectos relacionados con ella se sustentan con más garantías de éxito.

Las estaciones meteorológicas permiten monitorear, analizar y recoger las lecturas provenientes de variables climáticas como la presión atmosférica, la temperatura del medio, la dirección y velocidad del viento entre muchas otras de forma simultánea [3], [6]. Estas medidas ayudan en la investigación sobre el comportamiento del clima y su impacto en la economía, la salud y otros aspectos sociales de la región [9]. Con el fin de contar con datos meteorológicos confiables para intentar estudiar el comportamiento del clima en la ciudad de Popayán [7] se desarrolló un prototipo de estación meteorológica que permite al usuario interactuar con el sistema mediante un menú que brinda diferentes opciones de monitoreo de variables físicas tratadas, los datos son guardados en la memoria del sistema para luego ser

descargados y analizados desde un computador permitiendo elaborar un informe de cada medición mediante una tabla de datos implementada en Excel.

## II. ESTACIÓN METEOROLÓGICA

Una estación meteorológica [11] es una instalación destinada a medir y registrar regularmente diversas variables climáticas, cuenta con sensores encargados de medir diferentes variables físicas y un sistema de adquisición de datos.

Los instrumentos principales que se incluyen en una estación meteorológica son, [9]: Termómetro, Barómetro, Pluviómetro, Psicrómetro, Piranómetro y Anemómetro. La Figura 1 muestra el esquema general de una estación meteorológica, con los instrumentos de medición de variables climáticas, una batería para la alimentación de voltaje de los mismos, unos elementos de comunicación remota en el caso de transmisión de datos por radiofrecuencia y un computador que permite visualizar las graficas de las variables climáticas medidas en función del tiempo.

En la actualidad la falta y la distribución irregular de estaciones meteorológicas en grandes regiones dificultan la inserción de datos en modelos meteorológicos y no permite determinar con mayor precisión las predicciones climáticas, [1].

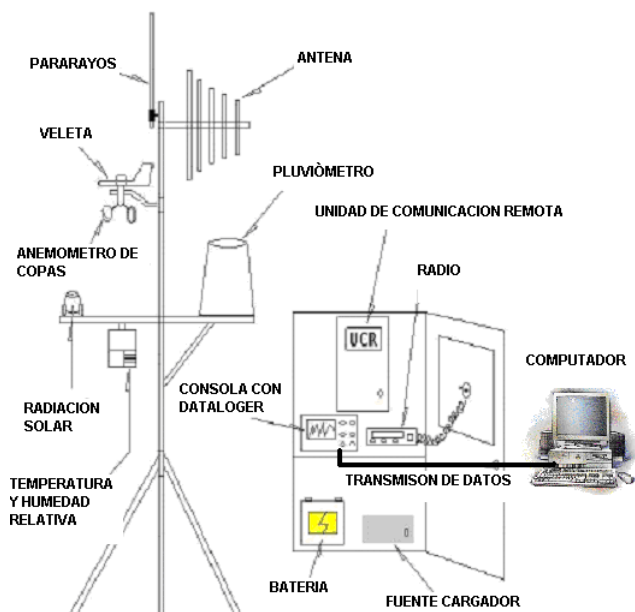


Figura 1. Esquema general de una estación meteorológica típica, [3, 13]

### III. DISEÑO ELECTRÓNICO DEL PROTOTIPO

Una estación meteorológica se encarga de medir diversas magnitudes ambientales (velocidad y dirección del viento, humedad, temperatura, luz, presión, etc.) para transmitir, almacenar y desplegar los datos climáticos en un computador para luego ser analizados por una persona encargada, generalmente un meteorólogo. El prototipo de estación meteorológica construido es capaz de medir temperatura ambiente, presión atmosférica y dirección y velocidad del viento. Las mediciones son guardadas en una memoria electrónica y se visualizan mediante un display LCD controlado por un teclado matricial. También se implementó una interfaz gráfica de usuario desarrollada en el software Visual Basic 6.0 que permite descargar los datos mediante el protocolo serial RS 232 y crea una tabla de datos en Excel para su posterior análisis.

El diseño conceptual en bloques de una estación meteorológica se puede observar en la Figura 2. Aquí se observa que las medidas se hacen a partir de sensores expuestos al medio ambiente, para luego ser procesadas en un microcontrolador y transmitidas a un computador para ser desplegadas y analizadas por el usuario final.

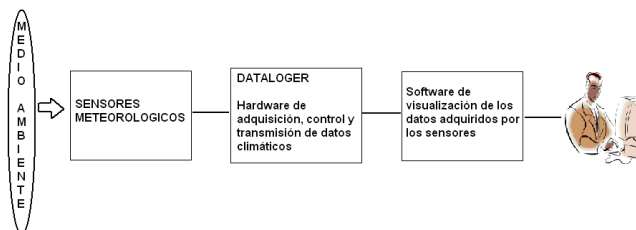


Figura 2. Diseño Conceptual en bloques de una estación meteorológica

El prototipo implementado depende de una unidad central en la cual se programó el algoritmo de adquisición, almacenamiento y transmisión. La conexión del PIC18F452 con los sensores y el despliegue de información se muestra en la Figura 3.

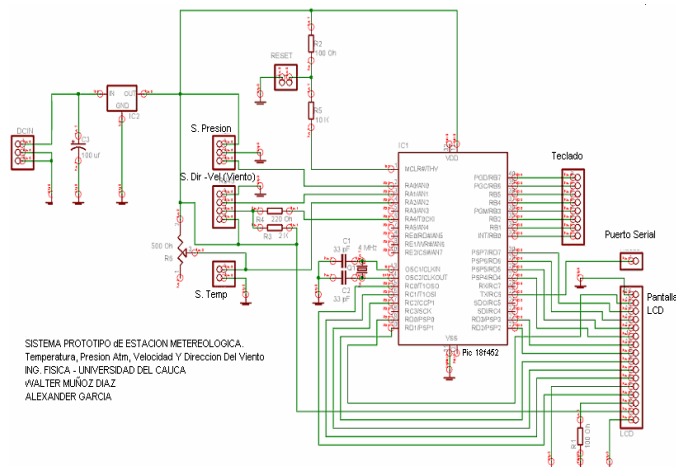


Figura 3. Diagrama Circuitual del prototipo

El sistema dispone de tres sensores debidamente calibrados y acondicionados, un sensor de temperatura (Termistor) Davis 7812 con una exactitud de  $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$  y un rango de  $-45$  a  $60^{\circ}\text{C}$ , un sensor de presión Motorola MPX 4115 de rango de 15 a 115 kPa y exactitud de  $\pm 1.5\%$  de la escala, un sensor de dirección y velocidad del viento, anemómetro Davis 7911 con un rango de 0 a 175 mph, exactitud del  $\pm 5\%$  en velocidad y 0 a  $360^{\circ}$ , exactitud del  $\pm 7\%$  en dirección; un dispositivo para despliegue de información LCD PC2004, un teclado y un microcontrolador PIC18F452 quien se encarga de digitalizar las señales de entrada y hacerles un filtrado digital (filtro pasa-bajas FIR), almacenar los datos en la memoria y transmitirlos vía RS 232.

Se desarrolló una interfaz gráfica de usuario en Visual Basic 6.0 ejecutable desde cualquier PC, una vez obtenidos los datos se procede a guardarlos en un cuadro de texto, para ser enviados a una hoja de cálculo implementada en Excel en la cual serán guardados los para su análisis, ver Figura 4.

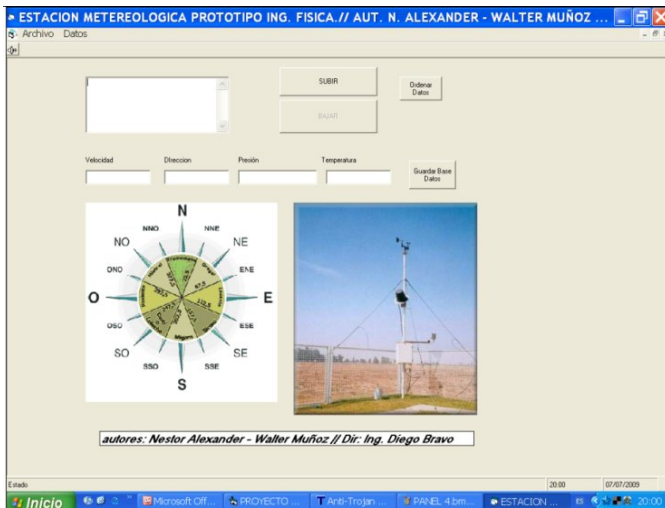


Figura 4. Interfaz grafica de usuario

#### IV. RESULTADOS DEL PROTOTIPO IMPLEMENTADO

Las normas que la Organización Meteorológica Mundial y el IDEAM [14] en Colombia, establecen que al instalar sistemas de medición y monitoreo climático se debe tener en cuenta parámetros de protección para las personas y usuarios que manipulen e intervengan con estos equipos.

Para obtener datos climáticos representativos los instrumentos se deben colocar lejos de obstrucciones que puedan influir en las mediciones. La altura estándar de exposición de los instrumentos de viento en un terreno abierto es 10 m sobre el suelo. El terreno abierto se define como un área donde la distancia entre el instrumento y cualquier obstáculo (árboles, edificios, etc.) es al menos 10 veces la altura de la obstrucción.

Un sistema de medición del clima normalmente dispone de varios de estos instrumentos (sensores climáticos). Para que los datos sean válidos, en el recinto de una estación meteorológica o sistema de medición debe disponer de una garita o jaula de madera blanca situada a 1.5 m del suelo, dentro de la cual se ubican los termómetros.

Tomando en cuenta estos parámetros se optó por montar la estación meteorológica en las instalaciones de la Universidad del Cauca donde se encuentra una estación similar a cargo del Grupo de Estudios Ambientales **GEA**. La ubicación de la estación se puede observar en la Figura 5, donde se muestra la torre en la cual se instaló el anemómetro a un poco más de 10 m sobre el suelo. Para la ubicación de este se utilizó una brújula para fijar el norte y obtener el valor de cero como lo indica la calibración de este sensor, junto con el prototipo y los sensores de temperatura y presión atmosférica.

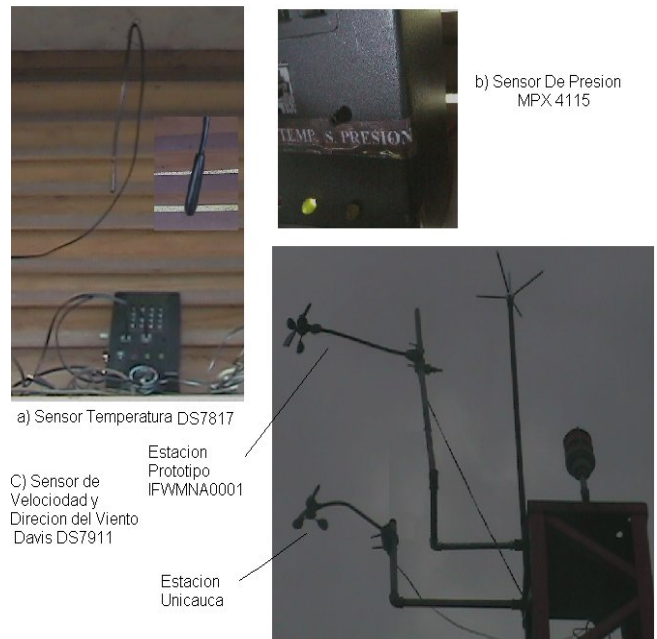


Figura 5. Ubicación de los sensores en la estación a) Sensor de Temperatura, b) sensor de presión atmosférica, c) Sensor de dirección y velocidad del viento.

Una vez ubicado el sistema, se realizó una toma de datos por un tiempo de 12 horas (6:00 AM hasta las 6:00 PM del 12 de febrero de 2009), el periodo de muestreo fue de un minuto y los resultados se compararon con los obtenidos por la estación meteorológica perteneciente a la Universidad del Cauca ubicada en el mismo lugar.

Para establecer la exactitud de la estación meteorológica prototipo (EMP) se calculó el error relativo porcentual tomando como patrón (valor verdadero) los datos de la estación de la Universidad del Cauca (EMU).

##### A. Análisis de Temperatura (Sensor Davis DS7817)

Los valores de temperatura (ver Figura 6) tomados de la estación meteorológica prototipo indican que el área de influencia de la estación para ese día (12/02/2009) de estudio presenta una temperatura media de 18.92 °C, valor que oscila entre una temperatura mínima de 16 °C y una máxima de 22 °C. El error relativo porcentual promedio calculado fue de 0.27%.

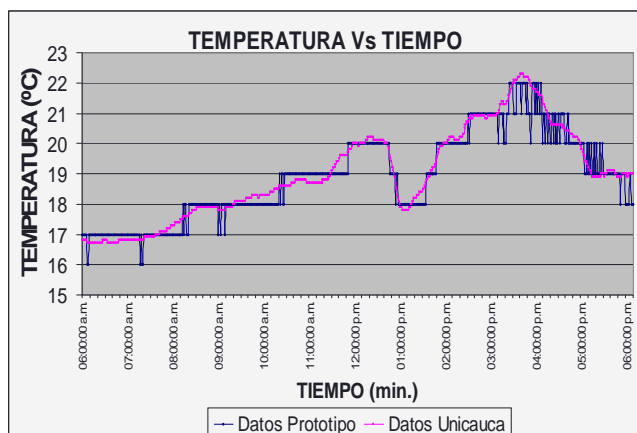


Figura 6. Resultados Temperatura vs Tiempo

### B. Análisis de Presión Atmosférica (Sensor Motorola MPX415)

Los datos de presión atmosférica (ver Figura 7) obtenidos por la estación meteorológica prototipo indican que el área de influencia de la estación para ese día (12/02/2009) de estudio presenta una presión atmosférica media diaria de 82.136 kPa, valor que fluctúa entre una presión mínima de 81 kPa y una máxima de 84 kPa. El error relativo porcentual promedio calculado fue de 0.30%.

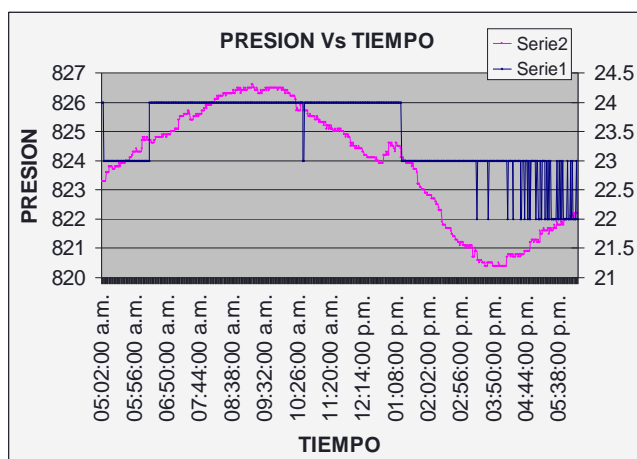


Figura 7. Resultados Presión Atmosférica vs Tiempo

### C. Análisis de Dirección y Velocidad del Viento (Anemómetro Davis DS7911)

Los registros pertenecientes a recorrido del viento, obtenidos en la estación (ver Figura 8) se transformaron por una medida de velocidad (km/h). La velocidad media diaria sobre todo el estudio como tal es de 3,10 km/h, valor que fluctúa entre un máximo de 23 km/h y un mínimo de 0 km/h. Según la escala BEAUFORT es de característica ventolina ya que el promedio no supera los 5 km/h, pero se debe tener en cuenta que existe un tiempo (de 3 a 4 PM) en el que el viento se comporta mas fuerte llegando a un máximo de 23 km/h donde su característica sería bonancible (de brisa suave) . El error relativo porcentual promedio calculado fue de 6.39%.

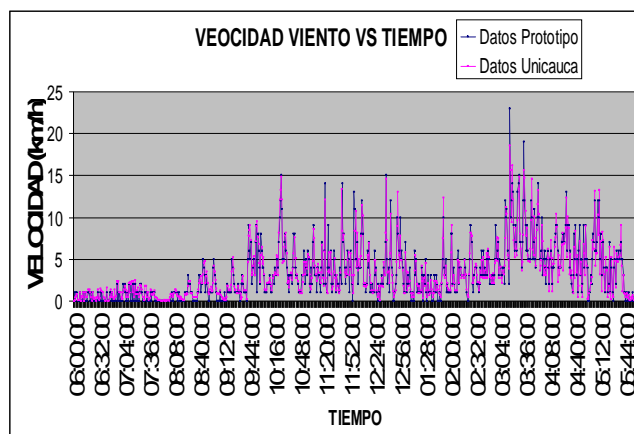


Figura 8. Resultados Velocidad del viento vs Tiempo

La dirección del viento durante todo el periodo de estudio (ver Figura 9) se encuentra dirigido sobre el tercer cuadrante y parte del cuarto de la rosa del viento dividida, y más exactamente un promedio de estos datos nos dice que está dirigida sobre el Sur Oriente con un grado de inclinación promedio de 228.8°.

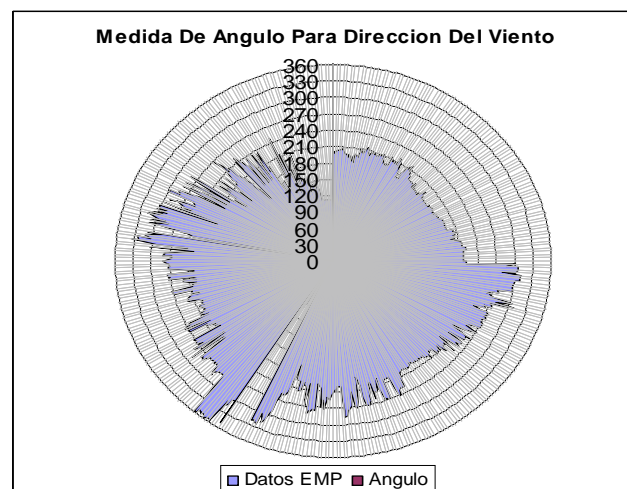


Figura 9. Resultados del Angulo respecto a la Dirección de Velocidad.

## V. CONCLUSIONES

Se implementó un prototipo de estación meteorológica que monitorea temperatura del medio, presión atmosférica, dirección y velocidad del viento, también se construyó un data logger, en el cual se obtienen los valores sensados de las variables climáticas estudiadas, estos datos son guardados y/o visualizados en tiempo real, para posteriormente ser descargados mediante el software Visual Basic 6.0 en un PC donde se programó una interfaz grafica de usuario que permite crear una hoja de cálculo implementada en Excel con el fin de realizar un análisis futuro.

De acuerdo a los resultados obtenidos se puede decir que el sistema prototipo presento un leve desfase en sus medidas con respecto a los valores obtenidos mediante la estación

perteneciente a la Universidad del Cauca, esto se debe a que el sistema solo realiza la toma de medidas de cantidades enteras y no decimales como si lo hace la estación existente. Pero el comportamiento de los datos es muy similar en las dos estaciones por lo que se puede afirmar que los datos obtenidos están acorde a los esperados; y alcanzamos un porcentaje de error menor del 1% en el monitoreo de la temperatura y presión y menor del 6.5% en velocidad y dirección del viento.

La relación costo-beneficio es grande comparado con las opciones existentes en el mercado, una estación meteorológica que realice las operaciones descritas en este proyecto cuesta alrededor de \$ 28'000.000, mientras que el prototipo construido no supero \$ 1'000.000, [7,13] y es un primer paso para desarrollar un prototipo comercial que trabaje las 24 horas del día.

#### AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a la Universidad del Cauca y al Grupo de Estudios Ambientales **GEA** por permitir realizar las pruebas preliminares de este prototipo.

#### REFERENCIAS

- [1] Ayllon T, T. Introducción a la Observación Meteorológica. México. Ed. Limusa, 1983.
- [2] Bastidas, F. "Sistema electrónico digital en anemometría y heliometría", Universidad del Cauca, Popayán, Colombia. 1988
- [3] Byers, H. General meteorology. New York. McGraw Hill. 1974.
- [4] Carrasco, P. Meteorología. México. Fondo de cultura económica, 1945.
- [5] Cooper, W. y Helfrick. "Instrumentación Electrónica Moderna y Técnicas de Medición", Prentice-Hall Hispanoamericana, México. 1991.
- [6] Donn, W. Meteorology. McGraw Hill. 1975.
- [7] Garcia, A. y Diaz, W. Implementación de un Sistema Prototipo de Estación Meteorológica que monitoree Temperatura ambiental, Presión

Atmosferica, Velocidad y Dirección del Viento en la ciudad de Popayán. Universidad del Cauca. 2010.

- [8] Inzunza, J. "Meteorología Descriptiva", Universidad de Concepción, Chile. 2003
- [9] Leyva, P. El Medio Ambiente en Colombia. Bogotá, Colombia. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. 1998.
- [10] Lorente, J. Meteorología. Barcelona. 1961
- [11] Milham, W. Meteorology: a text book on the weather, the causes of its changes, and weather forecasting, for student and general reader.. New York. Mac William. 1972.
- [12] Sheriff, F. "El libro del Clima", Madrid, España. 1983.
- [13] <http://higielectronix.com.co/portal/productos/estaciones-meteorologicas.html> Pagina web consultado en Abril de 2009.
- [14] IDEAM <http://institucional.ideam.gov.co/jsp/index.jsf>. Consultado en Abril de 2009

#### BIOGRAFÍAS

**DIEGO ALBERTO BRAVO MONTENEGRO:** Ingeniero Físico, Especialista en Automatización Industrial, Magíster en Ingeniería Automática. Actualmente es profesor asociado del Departamento de Física en la Universidad del Cauca (Colombia) y estudiante de Doctorado en Ciencias de la Electrónica. Áreas de interés: Instrumentación y Control, Identificación de Sistemas y Robótica Bípoda. (dibravo@unicauca.edu.co)

**ALEXANDER GARCÍA:** Ingeniero Físico de la Universidad del Cauca, graduado en el 2010.

**WALTER MUÑOZ:** Ingeniero Físico de la Universidad del Cauca, graduado en el 2010.