



## **Prototipo de mini estación meteorológica automática inalámbrica**

*Revista Publicando*, 3(7). 2016, 20-32. ISSN 1390-9304

### **Prototipo de mini estación meteorológica automática inalámbrica**

**Wilson Armando Zúñiga Vinuesa<sup>1</sup>**

**Alicia Polanco Risquet<sup>2</sup>**

**Agnes S. Nagy<sup>3</sup>**

**<sup>1</sup>Facultad de Informática y Electrónica, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. wzuniga@epoch.edu.ec**

**<sup>2</sup> Instituto Superior Politécnico "José Antonio Echeverría", Centro de Investigaciones en Microelectrónica, Facultad de Ingeniería Eléctrica. sie@tesla.cujae.edu.cu**

**<sup>3</sup>Instituto Superior Politécnico "José Antonio Echeverría", Centro de Investigaciones en Microelectrónica, Facultad de Ingeniería Eléctrica. agnes.nagy@electronica.cujae.edu.cu**

#### **RESUMEN**

Se diseñó e implementó un prototipo de una mini estación meteorológica automática que es un sistema electrónico modular, transportable, de bajo costo y de fácil instalación que permite monitorear variables atmosféricas. Es un sistema con comunicación unidireccional por radiofrecuencia (RF) y que permite incorporar nuevos sensores. De las pruebas realizadas se evidenció que el sistema implementado puede medir las variables atmosféricas con una exactitud conforme a la de los sensores inteligentes utilizados. Está formado por dos módulos independientes, basados en la plataforma de hardware libre Arduino, que se comunican entre sí por radiofrecuencia hasta 40 m en línea de vista con una alimentación de 5 V. El primer módulo posee sensores inteligentes, un Arduino UNO y un transmisor de RF para enviar los datos de las variables atmosféricas al módulo receptor. El segundo módulo consta de un receptor de RF y un Arduino UNO que envía la información a un computador el cual la visualiza y almacena utilizando una herramienta virtual desarrollada en LABVIEW. Con la información obtenida se generan bases de datos que contribuyan a desarrollar modelos matemáticos para predecir comportamientos climáticos.

**Palabras claves:** Sistema inalámbrico, mini estación meteorológica, LabVIEW, hardware libre Arduino.

## **WIRELESS SYSTEM REGISTRY USED TOCRAFT GREENHOUSE CLIMATE**

### **ABSTRACT**

A prototype of a modular electronic system, programmable, low-cost, easy installation and management was developed, which monitors climatic areas in greenhouse craft in Ecuador. Wireless communication is the key part of this system that allows the exchange of information, because it has three different types of communication: GSM, Bluetooth and radio frequency. The system is structured as a unidirectional network star type, allowing incorporate new modules and identify critical areas. Its size and complexity is created according to the size of the greenhouse and / or the number of areas divided by users. It consists of three independent modules, based on the free Arduino hardware platform, which communicate with each other by radio frequency. The first has the sensors and their information are sent to the remaining modules. The second collects, displays and stores the transmitted information. The last one identifies critical values and sends messages over the cellular network.

**KEY WORDS:** Arduino, LabVIEW, monitoring of greenhouses, wireless system.

## INTRODUCCIÓN

La meteorología es la ciencia que estudia la atmósfera, concretamente los fenómenos físicos que ocurren en la baja atmósfera. Estos fenómenos están relacionados con la presión atmosférica y la temperatura que determinan el comportamiento del resto de sus componentes [1].

De los resultados del estudio de los fenómenos atmosféricos se obtiene el pronóstico del tiempo, la definición de los climas y la interacción de la atmósfera con los diferentes ecosistemas, información fundamental para el desarrollo de actividades vitales como la agricultura, la navegación, las comunicaciones, etc., muy importantes para la supervivencia y el progreso de la humanidad.

Actualmente los estudios del clima se realizan con ayuda de las estaciones meteorológicas, destinadas a medir y registrar regularmente diversas variables atmosféricas. Los datos obtenidos se utilizan para conocer el estado del tiempo, la elaboración de predicciones meteorológicas a partir de modelos numéricos y/o desarrollar estudios climáticos. Por otro lado, en la actualidad, la tecnología está cada vez más cerca de los diferentes sectores sociales, brindando soluciones prácticas, rápidas y eficaces a sus problemas. Permite comunicación o controlar el comportamiento de una gran variedad de dispositivos a grandes distancias. La aplicación de esta tecnología en el campo de la meteorología son las Estaciones Meteorológicas Automáticas (EMA) [2]. Son sistemas de adquisición de datos que miden, registran y transmiten la información obtenida por los sensores atmosféricos de forma automática sin la intervención humana. Surgieron de la necesidad de obtener información atmosférica de lugares inhóspitos o de difícil acceso, inicialmente se utilizaron para complementar la red de estaciones meteorológicas convencionales [3].

El costo y mantenimiento de las EMA comerciales es elevado, pero podría disminuir si se cuenta con un diseño propio lo que contribuirá a extender su utilización. El diseño de las estaciones donde la información obtenida por los sensores se transmita de forma remota hacia un computador facilitará su registro y almacenamiento. Para esto es necesario que la estación cuente con un sistema de alimentación independiente y de registro de los datos a distancia. Por lo que el diseño propuesto cuenta con una fuente de alimentación basada en baterías recargables y con comunicación inalámbrica.

Debido al alto costo de las EMA en muchos lugares como en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), aún se utilizan las estaciones meteorológicas convencionales por lo que el registro de sus lecturas depende de la persona que lo realiza antes de ser ingresados en un computador.

El objetivo de la investigación se enmarca en diseñar e implementar el prototipo de un sistema electrónico portable de adquisición de datos de variables meteorológicas utilizando una plataforma electrónica abierta, con comunicación inalámbrica y de bajo costo, con características técnicas similares a los equipos comerciales, que dispongan de alimentación propia.

### **NOCIÓN INTEGRAL DE LA MINI ESTACIÓN METEOROLÓGICA INALÁMBRICA**

La concepción general propuesta para el prototipo de mini estación meteorológica automática (MEMA) se presenta en la figura 1, donde se detalla el diagrama en bloques de sus dos módulos esenciales: sensor y receptor, los que se comunican entre sí por RF.

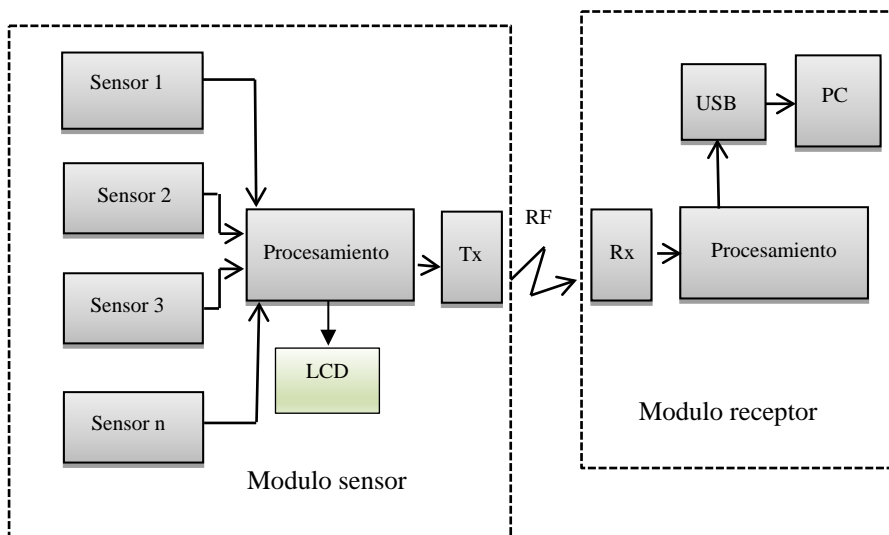


Figura 1. Diagrama en bloques de la MEMA.

**Módulo sensor.** Es el encargado de medir las variables meteorológicas, está integrado por tres sensores inteligentes que registran la temperatura ambiental, la humedad relativa y la presión atmosférica. Posee un circuito de procesamiento, un transmisor de RF y una fuente de alimentación. Su función es adquirir y registrar la información proporcionada por los sensores inteligentes. Permite visualizar en tiempo real y transmitir por RF su información al módulo receptor.

**Módulo receptor.** Está integrado por un receptor de RF, un circuito de procesamiento, una fuente de alimentación y se comunica con el computador mediante un puerto USB. Es el encargado de recibir la información transmitida por RF desde el módulo sensor, almacenarla y visualizarla en la pantalla del computador. De esta manera el usuario no requiere acceder al lugar donde el módulo sensor esté instalado para conocer las condiciones meteorológicas.

A continuación se analiza el hardware del sistema de la mini estación meteorológica automática inalámbrica.

### **Módulo sensor**

Dispone de un circuito de procesamiento de la información basado en una tarjeta Arduino UNO [4] que utiliza el microcontrolador ATmega328P, encargado de ejecutar el programa que controla y maneja todos los elementos de este módulo. Dispone de 14 entradas/salidas digitales, 6 de las cuales pueden configurarse como salidas PWM (*pulse-width modulation por sus siglas en inglés*) y 6 entradas analógicas [5]. En este diseño se utilizan 3 entradas/salidas digitales y una salida analógica, por lo que quedan disponibles 11 entradas/salidas digitales y 5 entradas analógicas para incorporar nuevos sensores.

Este módulo incorpora los siguientes componentes:

- Un módulo AM2301 que posee un sensor de humedad, que también mide temperatura ambiental, fabricado por Aosong (Guangzhou) Electronics Co. Ltda. que proporciona una salida digital serie OneWire de 40 bits. Sus 16 bits más significativos representa el valor de la humedad relativa con exactitud de  $\pm 3\%$  HR y los 16 bits restantes representan el valor de la temperatura con exactitud de  $\pm 1^\circ\text{C}$ . [6].
- Un sensor de presión barométrica-altitud BMP085, fabricado por Bosch Sensortec, que incluye un sensor de presión barométrica de alta precisión con un rango de medida de entre 300 hPa y 1100 hPa (9000 metros a 500 metros sobre el nivel del mar), con una resolución de hasta 0.03 hPa / 0.25 metros. Está basado en tecnología piezo-resistiva de alta eficiencia, linealidad y larga duración. El sensor tiene un rango de alimentación de entre 1,8 V y 3,6 VDC. Está diseñado para ser conectado directamente a un microcontrolador mediante su interfaz I<sup>2</sup>C [7].
- Un transmisor de radio frecuencia MX-FS-03V, que mantiene con el procesador una comunicación serie asincrónica con niveles RS232 [8].
- Una pantalla alfanumérica de cristal líquido (LCD) HD44780. de fondo azul con caracteres blancos, tiene un ángulo de visión amplio, contraste alto y posee una resolución de dos líneas cada una de 16 caracteres y opera con 5 VDC [9].

### **Módulo receptor**

Al igual que el módulo anterior, el procesamiento se realiza con una tarjeta Arduino UNO con el microcontrolador ATmega328P. Consta de un receptor de radiofrecuencia MX-JS-05V que mantiene una comunicación serie asincrónica con el microcontrolador. Permite conectar mediante un puerto USB un computador que almacena y visualiza la información recibida.

En la figura 2 se muestran las fotografías de los prototipos de los módulos de la MEMA inalámbrica, donde se aprecia a la izquierda el módulo sensor y a la derecha el módulo receptor.

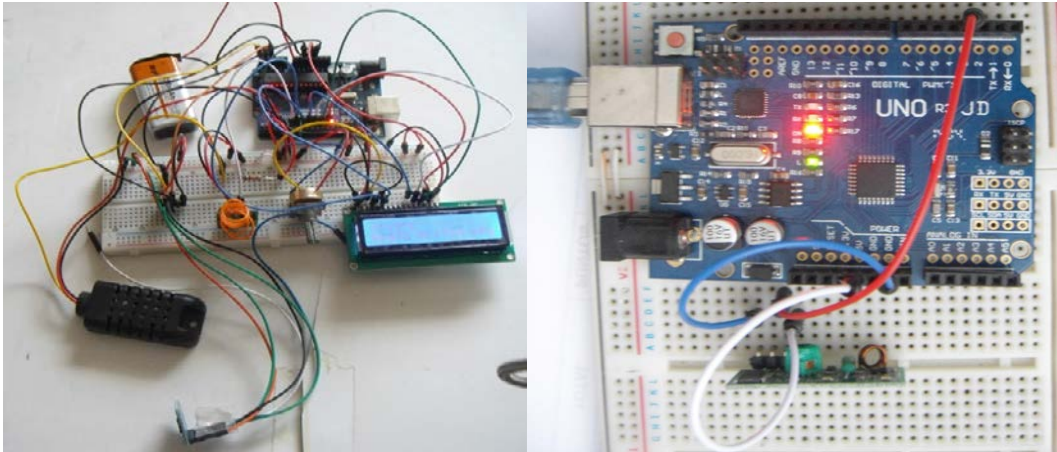


Figura 2. Fotografías de los prototipos de los módulos de la MEMA inalámbrica: módulo sensor (izquierda), módulo receptor (derecha).

## **PROTOCOLO DE LA COMUNICACIÓN INALÁMBRICA UTILIZADA**

La comunicación inalámbrica para el envío y recepción de información es la base fundamental de este sistema, se realiza por RF a 433 MHz, fue seleccionada principalmente por su bajo costo y por su alcance entre 20 metros y 200 metros dependiendo de su alimentación, rango adecuado para los objetivos del proyecto. Se encarga de la comunicación entre los módulos y transmite la información estructurada como un código de 23 caracteres ASCII, entre los cuales se encuentran: caracteres de información, caracteres separadores de información y un carácter de fin de la cadena que no se muestra. En la figura 3 se presenta ejemplos de mensajes generados en la comunicación por RF, donde se observa los 26 caracteres visibles del mensaje.

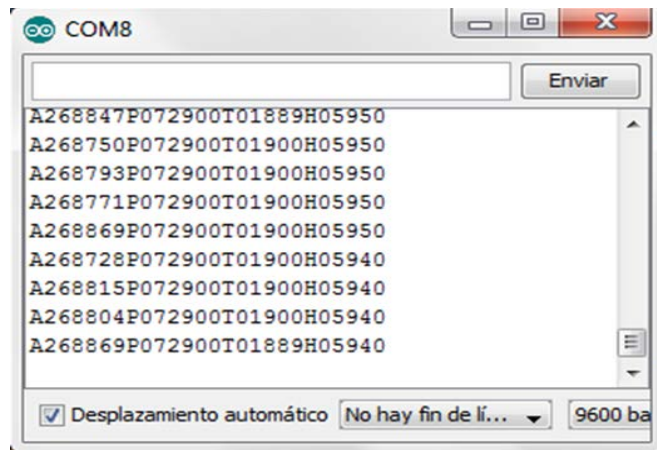


Figura 3. Ejemplos de mensajes generados en la comunicación por RF.

### **SOFTWARE DEL SISTEMA DE LA MEMA INALÁMBRICA**

Para el sistema se desarrollaron dos programas, uno para cada módulo que conforma el sistema (Sensor y Receptor), se encargan de ejecutar los procesos acordes al *hardware* que lo integran. Se implementaron en el IDE (*Integrated Development Environment* por sus siglas en inglés) de Arduino versión 1.0.5-r2, donde se desarrollan los *sketch*, un conjunto de instrucciones de código fuente que permiten la inclusión de bibliotecas. Generalmente están asociadas al uso de un sensor o componente *hardware* [10] y contienen funciones que facilitan su programación.

Para el sistema electrónico se implementó un programa complementario el cual se desarrolló en LabVIEW 2011 y consiste en una herramienta virtual de monitoreo que se ejecuta en el computador, se comunica por medio del puerto USB con los módulos para extraer la información y almacenarla en archivos que pueden ser visualizados en procesadores de texto y hojas de cálculo.



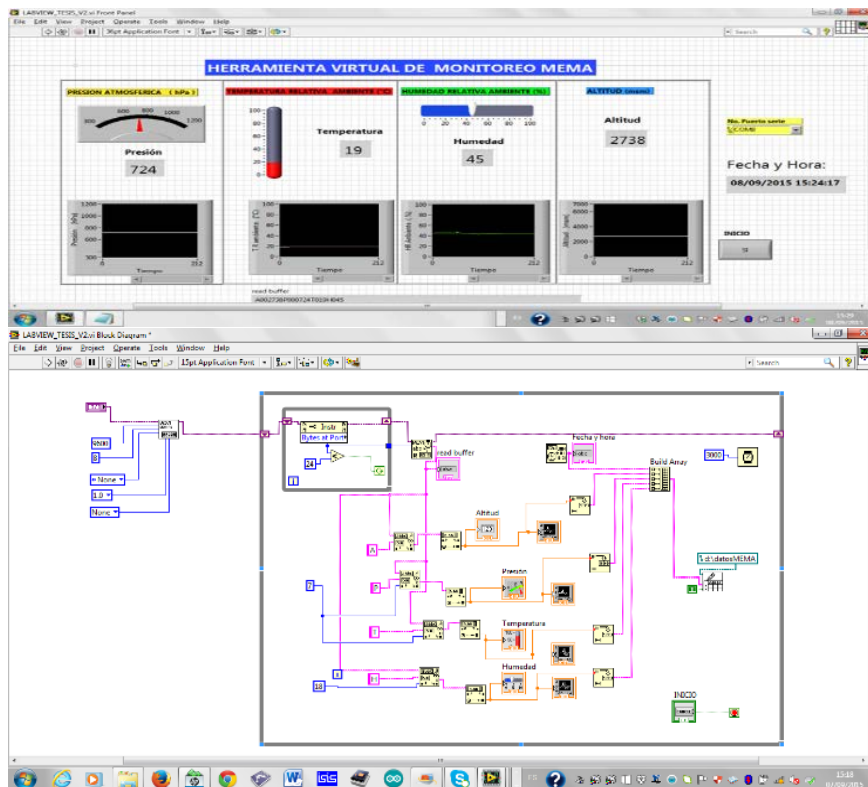


Figura 4. Panel frontal y diagrama de bloques desarrollada en la herramienta virtual LabVIEW para la MEMA. Panel frontal (arriba), Diagrama de bloques (abajo).

## RESULTADOS EXPERIMENTALES DE LA MEMA INALÁMBRICA

Se verificó el sistema implementado, tanto el *hardware* como en *software*, para comprobar su funcionamiento y evaluar sus resultados. De las pruebas se obtuvo que los módulos sensor y receptor mantienen la comunicación por RF hasta distancias menores o iguales a 40 metros en línea de vista cuando son alimentados con 5 V. En las pruebas realizadas se observó que la comunicación por el puerto USB del módulo receptor con el computador por el puerto USB no afecta la comunicación unidireccional por RF entre módulos.

Se desarrollaron pruebas para el envío y recepción de mensajes por RF, logrando transmitir los 26 caracteres que integran cada mensaje a una distancia de hasta 40 metros sin pérdidas. En la figura 4 se muestra el panel frontal y el diagrama de bloques de la herramienta virtual desarrollada para la MEMA.

En la figura 5 se muestra las pruebas de comunicación realizadas por el puerto USB entre el computador y el módulo receptor, por medio de la herramienta virtual desarrollada en LabVIEW, que toma la información, la muestra en forma numérica y gráfica para luego almacenarla en un archivo [11].



Figura 5. Pruebas de comunicación por el puerto USB entre el computador y el módulo receptor utilizando la herramienta virtual LabVIEW.

En la figura 6 se muestra el archivo generado de la comunicación establecida entre el computador y el módulo receptor por el puerto USB, visualizado en el bloc de notas de *Windows 7* y en la hoja de cálculo *Microsoft Excel 2010*. El archivo contiene en columnas la información de las lecturas de la altitud en metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m), la presión atmosférica en hectoPascuales (hPa), la temperatura ambiente en grados centígrados (°C) y la humedad relativa ambiente en porcentaje (%), en intervalos de menos de un minuto.

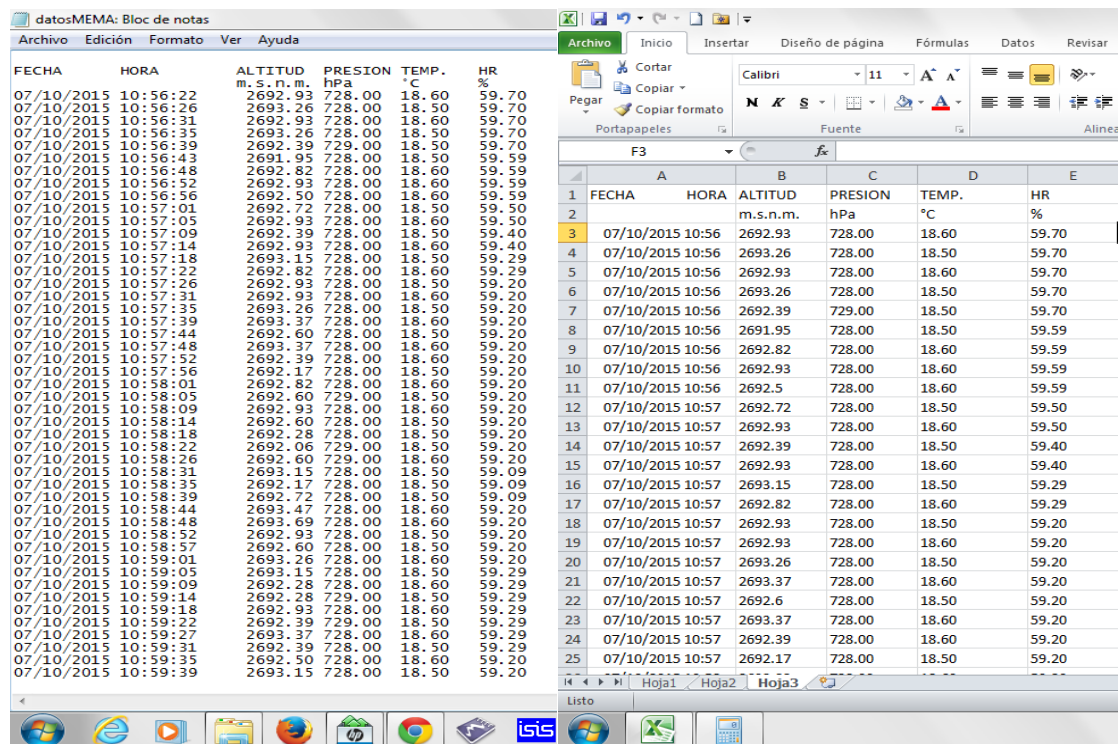


Figura 6. Archivo generado de la comunicación establecida entre el computador y el módulo receptor por el puerto USB. En el bloc de notas de Windows 7 (izquierda) y en Microsoft Excel 2010 (derecha)

## PRUEBAS PARA LA DETERMINACIÓN DE ERRORES EN LAS MEDICIONES

Para determinar los errores de medición del sistema diseñado se evaluaron los sensores de temperatura ambiente, humedad relativa ambiente y presión atmosférica. Se utilizó como referencia de temperatura ambiente el medidor QUARTZ que tiene una precisión de  $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ . Para la humedad relativa y la presión atmosférica se tomó como referencia las lecturas realizadas por la estación meteorológica convencional con que cuenta la ESPOCH, la cual presenta una exactitud  $\pm 5\%$  y  $\pm 5\text{ hPa}$  respectivamente. Las mediciones se obtuvieron manteniendo en funcionamiento continuo la MEMA durante tres días de las cuales se tomaron 19 muestras para su análisis.

Al analizar los resultados obtenidos se demuestra que el prototipo implementado es capaz de medir la temperatura ambiental con un error absoluto máximo de  $\pm 1^{\circ}\text{C}$ , la humedad relativa ambiente con un error absoluto máximo de 3%, y la presión atmosférica con un

error absoluto máximo de 4 hPa. Estos resultados se ajustan a los requerimientos de diseño propuestos para esta aplicación y que resulta compatible con las exactitudes que garantizan los equipos comerciales similares. De los resultados obtenidos en las pruebas de transmisión por RF, entre los módulos sensor y receptor, se obtuvo que la distancia máxima para la comunicación entre ellos fue de hasta 40 metros en línea de vista cuando son alimentados con 5 V y la comunicación por el puerto USB no interfiere con la comunicación por RF. Se concluye que con las pruebas realizadas el prototipo de la MEMA cumple con los requerimientos de diseño propuestos.

## **CONCLUSIONES**

Se diseñó e implementó un sistema electrónico que permite el monitoreo de variables meteorológicas de temperatura ambiental, humedad relativa y presión atmosférica de bajo costo con comunicación inalámbrica por RF hasta una distancia de 40 metros. El sistema permite incorporar nuevos sensores de variables atmosféricas sin afectar su funcionamiento. El módulo receptor se conecta al computador por el puerto USB para monitorear el valor de las variables medidas.

De las pruebas de mediciones realizadas con el prototipo se comprobó el correcto funcionamiento de los módulos, su comunicación y la capacidad de medir la temperatura ambiente con error absoluto máximo de  $\pm 1^{\circ}\text{C}$ , la humedad relativa con un error absoluto máximo de  $\pm 3\%$  y la presión atmosférica con un error absoluto máximo  $\pm 4$  hPa. El número de entradas y salidas que dispone la tarjeta de desarrollo Arduino UNO permite incorporar nuevos sensores digitales o analógicos de variables atmosféricas.

## **REFERENCIAS**

1. Conceptos básicos de meteorología [en línea] [ref septiembre 2015] . Disponible en web:  
[http://www.ambientum.com/enciclopedia\\_medioambiental/atmosfera/Conceptos-generales-en-meteorologia.asp](http://www.ambientum.com/enciclopedia_medioambiental/atmosfera/Conceptos-generales-en-meteorologia.asp)
2. CONTRERAS, A., Nociones elementales de meteorología e instrumentos meteorológicos. 1975.

3. Estaciones meteorológicas Automáticas [en línea].[ref. marzo 2014] Disponible en web: <http://www.pol.una.py/page.php?p=ema>.
4. Análisis comparativo de las placas Arduino (oficiales y compatibles) [en línea].[ref. marzo 2014] Disponible en web: <http://comohacer.eu/analisis-comparativo-placas-arduino-oficiales-compatibles/>.
5. Arduino UNO [en línea]. [ref. de septiembre 2015]. Disponible en web: <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno>
6. AOSONG. Temperature and humidity module AM2301 product manual [en línea]. [ref. de mayo 2014]. Disponible en web: [meteobox.tk/files/AM2301.pdf](http://meteobox.tk/files/AM2301.pdf).
7. Datasheet [en línea]. [ref. de mayo 2014]. Disponible en web: <http://www.adafruit.com/datasheets/BST-BMP085.pdf>
8. 433MHZ wireless modules MX-FS-03V & MX-05 (HCMODU0007) [en línea]. [ref. de mayo 2014]. Disponible en web: <http://forum.hobbycomponents.com/viewtopic.php?f=25&t=1324>.
9. Lcd display[en línea]. [ref. de agosto 2014]. Disponible en web: [http://www.buydisplay.com/download/manual/ERM1602-6\\_Series\\_Datasheet](http://www.buydisplay.com/download/manual/ERM1602-6_Series_Datasheet).
10. EVANS, Brian. Arduino programming notebook [en línea]. [ref. de marzo 2014]. Disponible en web: [http://playground.arduino.cc/uploads/Main/arduino\\_notebook\\_v1-1.pdf](http://playground.arduino.cc/uploads/Main/arduino_notebook_v1-1.pdf).
11. LabVIEW interface for Arduino [en línea].[ ref. de junio 2014]. Disponible en web: <https://decibel.ni.com/content/groups/labview-interface-for-arduino>.