

SISTEMA INALÁMBRICO DE REGISTRO CLIMÁTICO PARA INVERNADEROS ARTESANALES.

José Enrique Guerra Salazar, Víctor Eugenio Escartín Fernández, Alberto Ramón Lastres Capote

¹Facultad de Informática y Electrónica, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. j_guerra@esPOCH.edu.ec

²Centro de Investigaciones en Microelectrónica, Facultad de Ingeniería Eléctrica, CUJAE, victor.escartin@electronica.cujae.edu.cu

³Centro de Investigaciones en Microelectrónica, Facultad de Ingeniería Eléctrica, CUJAE, alberto.lastres@electronica.cujae.edu.cu

RESUMEN

Se desarrolló un prototipo de sistema electrónico modular, parametrizable y de bajo costo, de fácil instalación y manejo, que permite monitorear áreas climáticas en invernaderos artesanales de Ecuador. La comunicación inalámbrica, para el intercambio de información, es la base fundamental de este sistema, que posee tres tipos diferentes de comunicación: GSM, bluetooth y radiofrecuencia. El sistema se estructura como una red unidireccional tipo estrella, lo que permite incorporar nuevos módulos e identificar áreas críticas. Su tamaño y complejidad obedece a las dimensiones del invernadero y/o al número de zonas que lo divida el usuario. Consta de tres módulos independientes, basados en la plataforma de hardware libre Arduino, que se comunican entre sí por radiofrecuencia. El primero posee los sensores y sus lecturas son enviadas a los módulos restantes. El segundo recolecta, visualiza y almacena la información transmitida. El tercero identifica valores críticos y envía mensajes por la red celular.

PALABRAS CLAVES: Sistema inalámbrico, monitoreo de invernaderos, LabVIEW, hardware libre Arduino.

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.

KEYWORDS: Arduino, LabVIEW, monitoring of greenhouses, wireless system.

INTRODUCCIÓN

Un invernadero se puede definir como una construcción recubierta de material transparente, con películas plásticas o vidrio, dentro del cual se pueden generar condiciones climáticas óptimas para el manejo de los cultivos. Son utilizados para asegurar la producción y calidad de los cultivos, al mantener las condiciones climáticas acordes a sus necesidades, sin descuidar el medio en el cual se siembra que generalmente es la tierra [1].

En Ecuador actualmente esta técnica de cultivo no se considera como una actividad agropecuaria representativa por lo que no se ha encontrado información relacionada al número de hectáreas destinadas a los invernaderos. Predominan los invernaderos artesanales multicapilla de cubierta plana, metálicas o con estructuras de madera recubiertas de plástico. Su manejo en cualquiera de los casos lo realizan sin ningún tipo de asesoría técnica, pues existe desconocimiento en la necesidad de un monitoreo adecuado de los parámetros ambientales (temperatura, humedad y luminosidad) para el cual el cultivo presenta un óptimo desarrollo. Se basa fundamentalmente en la experiencia adquirida por el personal lo que provoca en algunos casos altos costos de producción por pérdidas de cultivos o por baja productividad, así como el incremento de enfermedades y uso indiscriminado de productos químicos.

La automatización de invernaderos en Cuba busca desarrollar e incorporar tecnología propia, acorde al medio, como forma de mejorar la producción. Entre estas se puede mencionar un sistema basado en una red de sensores inalámbrico mediante ZigBee, que controla temperatura y humedad en el invernadero, que se conecta por medio del puerto USB a la computadora [2]. En otro trabajo publicado, se desarrolla un sistema que monitorea la temperatura y humedad del suelo en invernaderos, se almacenan los datos y se controlan diferentes electroválvulas por medio de un microcontrolador al recibir información en forma inalámbrica de la computadora [3]. Estas investigaciones se centran en la automatización de los invernaderos y no orientan su diseño a la generación de alertas para dispositivos móviles, al registro histórico de la información por sectores como elemento esencial para la toma de decisiones y el tratamiento diferenciado por zonas del cultivo.

Los expertos de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo en el área de cultivo bajo invernadero que conocen la realidad de la zona, consideran que la automatización de invernaderos requiere de una alta inversión que el sector no está en condiciones de realizar en forma inmediata y que actualmente no se justifica. Puntualizan la necesidad de contar con equipos de monitoreo del microclima y que emitan avisos de ayuda para el personal responsable del invernadero.

La necesidad anterior motiva el desarrollo de herramientas tecnológicas de bajo costo que permitan el monitoreo en línea de los parámetros climáticos del invernadero, de tal forma que la información suministrada pueda ayudar a los productores en la toma de decisiones en pos de mejorar el cultivo y su producción.

El objetivo de este trabajo está encaminado a diseñar e implementar un prototipo de sistema electrónico modular, parametrizable y de bajo costo, para el monitoreo en línea del microclima en invernaderos artesanales y que por medio de comunicación inalámbrica registre, visualice, almacene y reporte su comportamiento climático.

NOCIÓN INTEGRAL DEL SISTEMA INALÁMBRICO DE REGISTRO CLIMÁTICO.

La concepción general del sistema de monitoreo inalámbrico en línea de registro climático se muestra en la figura 1, donde se destacan sus tres módulos fundamentales: monitoreo, recolector y aviso. Estos tres módulos se comunican entre sí por radiofrecuencia.

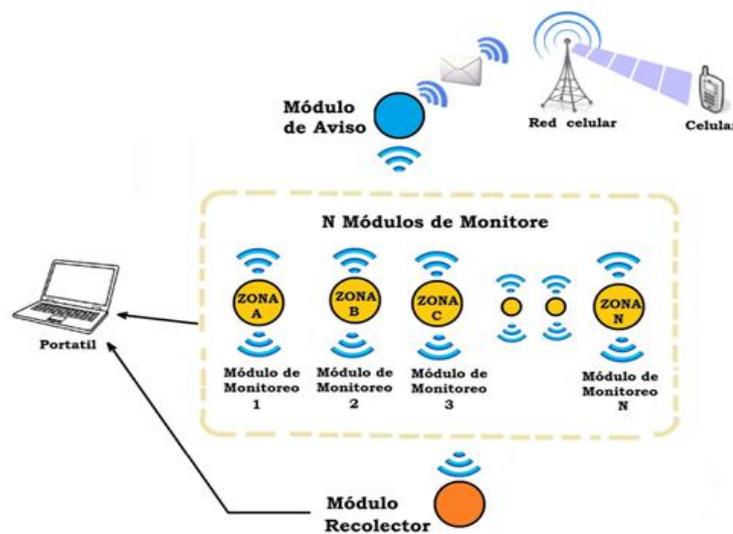


Figura 1. Diagrama general del sistema de monitoreo inalámbrico de registro climático.

El módulo de monitoreo tiene como función principal medir y transmitir en tiempo real la información suministrada por los sensores. Posee un bloque que permite la comunicación con los otros dos módulos por radio frecuencia (RF). También posee un bloque que utiliza la tecnología inalámbrica bluetooth para la comunicación con cualquier dispositivo que posea este tipo de comunicación. Esto permite simplificar el ingreso de datos tales como la zona a la que pertenece, la fecha y la hora del sistema, característica que lo hace parametrizable. De ser necesario, los módulos de monitoreo y recolector permiten intercambiar información con una PC mediante un puerto USB.

El módulo recolector es el encargado de concentrar todas las lecturas recibidas vía RF de los diferentes módulos de monitoreo, la visualiza por zonas del invernadero y almacena en memoria SD en un solo archivo. Utiliza un formato compatible con un procesador de texto u hoja de cálculo. De esta manera el

usuario no requiere acceder a cada módulo de monitoreo para conocer las condiciones climáticas en el que se encuentra el cultivo.

Finalmente, el módulo de aviso que recibe la información vía RF transmitida por los diferentes módulos de monitoreo, la evalúa para determinar si alguna lectura sobrepasa los límites máximo o mínimo permitidos por el cultivo. De ser así, genera un mensaje de aviso que es enviado a un teléfono móvil previamente establecido. Este módulo es el encargado de realizar la transmisión GSM.

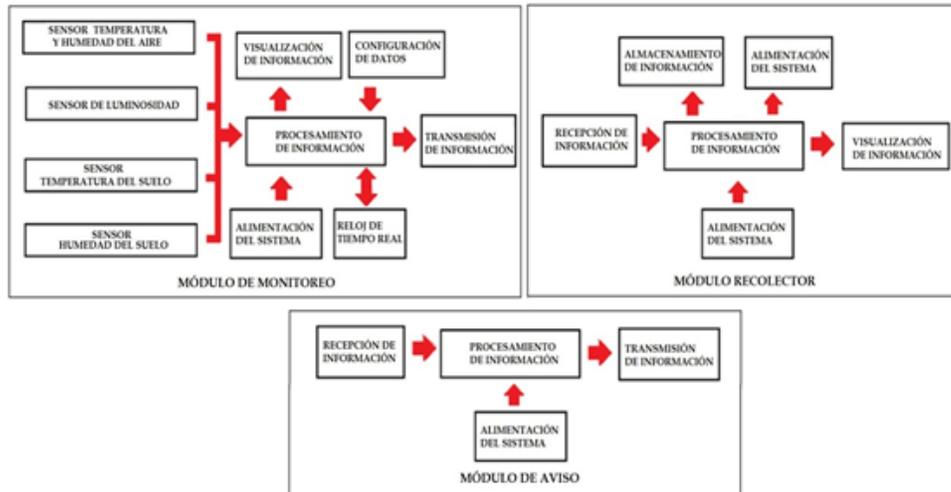


Figura 2. Diagrama de bloques de cada módulo que constituye el sistema inalámbrico de registro climático.

En la figura 2 se presenta el diagrama de bloques de cada uno de los módulos del sistema diseñado. A continuación se analiza el hardware básico del sistema de monitoreo inalámbrico en línea de registro climático.

Módulo de monitoreo.

Dispone de un circuito de procesamiento de la información basado en una tarjeta FUNDUINO MEGA, que es un clon del ARDUINO MEGA [4]. Utiliza el microcontrolador Atmega 2560 encargado de ejecutar el programa que controla y maneja todos sus elementos. Dispone de 54 entradas/salidas digitales, 15 de las cuales pueden configurarse como salidas PWM (pulse-width modulation por sus siglas en inglés) y 16 entradas analógicas [5]. En este diseño se utilizan 17 entradas/salidas digitales y una salida analógica, por lo que quedan disponibles 37 entradas/salidas digitales y 15 entradas analógicas para incorporar nuevos sensores.

Para esta aplicación, cada módulo de monitoreo incorpora los siguientes componentes:

Un sensor de humedad AM2301, que también mide temperatura ambiental, fabricado por Aosong (Guangzhou) Electronics Co. Ltd que proporciona una salida digital serie OneWire de 40 bits. Sus 16 bits

más significativos representan 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 $\pm 1\text{ }^\circ\text{C}$. [6].

Un sensor de temperatura de suelo DS18B20, fabricado por Dallas Semiconductor, que proporciona una salida con comunicación serie OneWire, en binario natural con una palabra de 16 bits, de los cuales los 12 bits menos significativos representan el valor con una exactitud de $\pm 0.5\text{ }^\circ\text{C}$ [7].

Un sensor de luminosidad GY302-BH1750FVI, fabricado por ROHM Semiconductor, que no requiere calibración y entrega sus resultados con comunicación serie en standard I2C. Posee un convertidor analógico digital de 16 bits que genera la señal con una exactitud de un Lux [8].

Dos sensores genéricos de humedad de suelo, el YL69 conectado al YL38, que entregan una salida digital D0 que indica si se han violado los límites de humedad configurados por medio de un potenciómetro y otra salida analógica (A0) [9].

Un reloj de tiempo real DS1307 con comunicación I2C [10].

Un transmisor de radio frecuencia MX-FS-03V, que mantiene con el procesador una comunicación serie asincrónica con niveles RS232 [11].

Una pantalla gráfica LCD de 1.8 pulgadas con resolución 128x168 pixel y comunicación serie I2C que permite la visualización de la información suministrada por los sensores. Esta incluye un lector para memorias SD con comunicación serie SPI que podría ser usado para almacenar información cuando se requiera [12].

Un dispositivo bluetooth HC-05 [13] que se enlace mediante comunicación serie asincrónica con el procesador. Este permite la conexión de un dispositivo Android, si posee una aplicación desarrollada específicamente en este sistema operativo, para la actualización de la fecha y hora.

Módulo recolector.

Al igual que el módulo anterior, el procesamiento se realiza con una tarjeta FUNDUINO MEGA con el microcontrolador Atmega 2560. Consta con un receptor de radiofrecuencia MX-JS-05V que mantiene una comunicación serie asincrónica con el procesador. Dispone de una pantalla gráfica, similar al del módulo de monitoreo, cuyo lector para tarjetas SD es utilizado para almacenar la información proveniente de todos los módulos de monitoreo que integren el sistema. También permite conectar mediante un puerto USB una PC para obtener toda la información que está siendo almacenada.

Módulo de aviso.

El circuito que procesa la información en este módulo es una tarjeta ARDUINO UNO, otra versión que dispone la plataforma de hardware libre Arduino pero con el microcontrolador Atmega 328[14]. Este módulo posee un circuito receptor de radiofrecuencia para la comunicación con el resto del sistema. Además, posee un transmisor GSM (Global Systemfor Mobile Communications por sus siglas en inglés) SIM900's de SIMCOM [15], que mantiene una comunicación serie asincrónica con el procesador. El GSM es utilizado para generar mensajes de aviso en caso de situación de emergencia por la violación de algún valor límite.

En la figura 3 se muestran las fotos de los prototipos de cada uno de los módulos del sistema de monitoreo inalámbrico de registro climático diseñado.

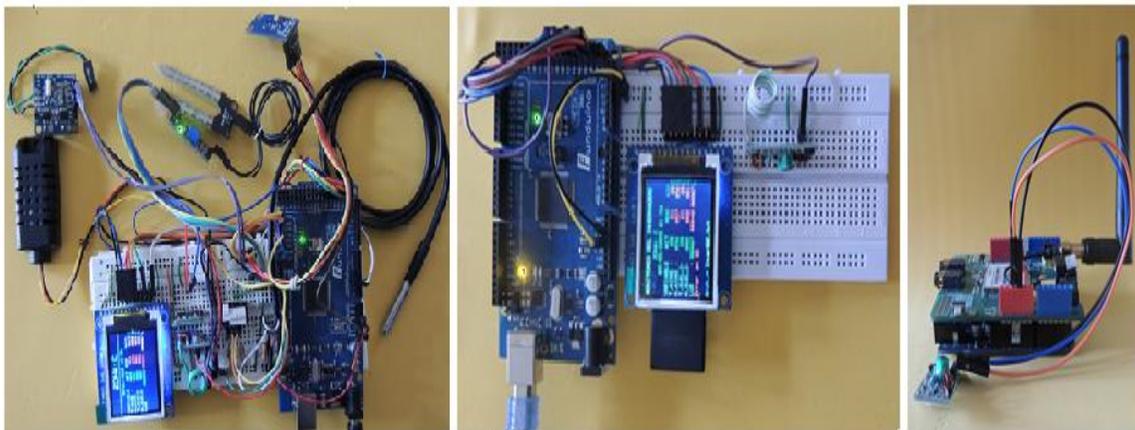


Figura 3. Fotografías de los prototipos de los módulos de sistema inalámbrico: módulo de monitoreo (izquierda), módulo recolector (centro) y módulo de aviso (derecha).

PROTOCOLO DE LA COMUNICACIÓN INALÁMBRICA UTILIZADA.

La comunicación inalámbrica para el intercambio de información es la base fundamental de este sistema, que posee tres tipos diferentes de comunicación: GSM, bluetooth y radiofrecuencia.

Se decidió el empleo de la norma de comunicación GSM en el módulo de aviso debido a que la telefonía celular en Ecuador tiene una amplia cobertura y permite la comunicación a grandes distancias. El mensaje que se transmite tiene una estructura similar a la que se muestra a la izquierda de la figura 4. Este contiene un texto que identifica la procedencia del mensaje (INVERNADERO), el área del invernadero (Zona), la fecha y hora en que se generó el mensaje así como los valores registrados por los sensores en ese instante y una lista de las variables que provocaron alerta.



Figura 4. Ejemplo de mensajes generados en las diferentes comunicaciones, GSM (Izquierda), bluetooth (superior derecha) y radiofrecuencia (inferior derecha).

La comunicación por bluetooth de cada módulo de monitoreo, cuya estructura también se muestra en la figura 4, fue utilizado debido a que la mayoría de los dispositivos móviles actuales cuentan con este tipo de comunicación. Con su empleo se pueden generar aplicaciones que simulen teclados y/o generen automáticamente la información requerida, evitando la incorporación de nuevo hardware. Esto disminuye el tiempo y los márgenes de error por parte del usuario al momento de ingresar los datos y da la posibilidad de sincronizar varios módulos bluetooth para que reciban al mismo tiempo la información.

La comunicación por radiofrecuencia a 433 MHz fue seleccionada principalmente por su bajo costo y por su alcance entre 20 m y 200 m dependiendo de la alimentación [11]. Esta distancia es adecuada para las áreas en las que se aplicará. Se encarga de la comunicación entre los tres módulos y transmite la información estructurada como un código de 82 caracteres ASCII para los cinco sensores, lo cual se muestra también en la figura 4. La información que contiene detalla el identificador de zona (1 carácter), fecha y hora (16 caracteres), las lecturas actuales de los cinco sensores (16 caracteres), los valores máximos (16 caracteres) y mínimos (16 caracteres) alcanzados durante el día por cada variable monitorizada y limitadores de información (16 caracteres). Son transmitidos y recibidos uno por uno. Toda esta transmisión se realiza en períodos de tiempo configurables.

SOFTWARE DEL SISTEMA INALÁMBRICO DE REGISTRO CLIMÁTICO.

Para el sistema se desarrollaron cinco programas. Uno para cada módulo que conforman el sistema (Monitoreo, Recolector y Aviso), que se encargan de ejecutar los procesos acordes al hardware de ellos. 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 que contienen funciones que facilitan la programación de cada aplicación. Generalmente están asociadas al uso de un sensor o componente hardware [16] y contienen funciones que facilitan su programación.

Adicionalmente para el sistema se implementaron dos programas complementarios. El primero, se ejecuta en Android y se desarrolló en APP INVENTOR, que es una aplicación web que permite en forma gráfica crear programas [17]. Su función principal es tomar la fecha y hora del dispositivo Android, en un formato adecuado al sistema, y enviarlo al módulo de monitoreo por el estándar de comunicación bluetooth.

El segundo programa complementario se desarrolló en LabVIEW 2011 y consiste en una herramienta de monitoreo que se ejecuta en un computador. Por medio del puerto USB, la PC se comunica con los módulos para extraer la información y almacenarla en archivos para facilitar la visualización y manejo en procesadores de texto y hojas de cálculo.

VERIFICACIÓN DE LA COMUNICACIÓN ENTRE LABVIEW Y ARDUINO.

Aunque LabVIEW dispone de una interface denominada LIFA (LabVIEW Interface for Arduino por sus siglas en inglés) que permite conectarse con algunos tipos de Arduino, necesita para su funcionamiento cargar en este un sketch denominado LVIFA_base. Esto lo convertiría en una tarjeta de adquisición de datos que se comunica con la computadora por el puerto USB [18]. Para evitar estas limitaciones y mantener intactas las características del Arduino necesarias para este proyecto, se realizaron pruebas de comunicación entre el LabVIEW y Arduino sin hacer uso de estas utilidades. Las pruebas se desarrollaron por medio de simulaciones con ayuda del VSPE (Virtual Serial PortsEmulator por sus siglas en inglés) que permite crear dos puertos RS-232.

Al programa de simulación Proteus V7.10 se le incorporan dos bibliotecas que incluyen en su lista componentes de ciertos tipos de Arduino denominados SIMULINO. Entre estos se encuentran los Arduinos UNO y MEGA [19]. Con este se desarrolló un diseño que visualiza y transmite por el puerto serie los datos de los sensores. El Sketch fue desarrollado en el IDE de Arduino 1.0.5-r2 y el archivo con extensión hex resultante de su compilación se asignó al SIMULINO.

Finalmente, en LabVIEW se desarrolló una herramienta virtual de prueba que permite seleccionar el puerto serie, interpretar los datos recibidos y visualizarlos una vez establecida la comunicación. En la figura 5 se muestra la escritura de los datos en el puerto al ejecutarse la simulación en Proteus así como la recepción de los mismos en la herramienta virtual una vez creados los puertos virtuales COM1 y COM2. Esto permitió en la misma PC ejecutar, en dos ventanas diferentes, un programa desarrollado en LabVIEW y otro simulando con Proteus el programa desarrollado para el Arduino. Se logró el intercambio de información asignando a cada aplicación un puerto virtual de salida. De esta manera se probaron los programas desarrollados para la recolección de los datos generados por los sensores en el módulo de monitoreo y su transmisión a la PC.

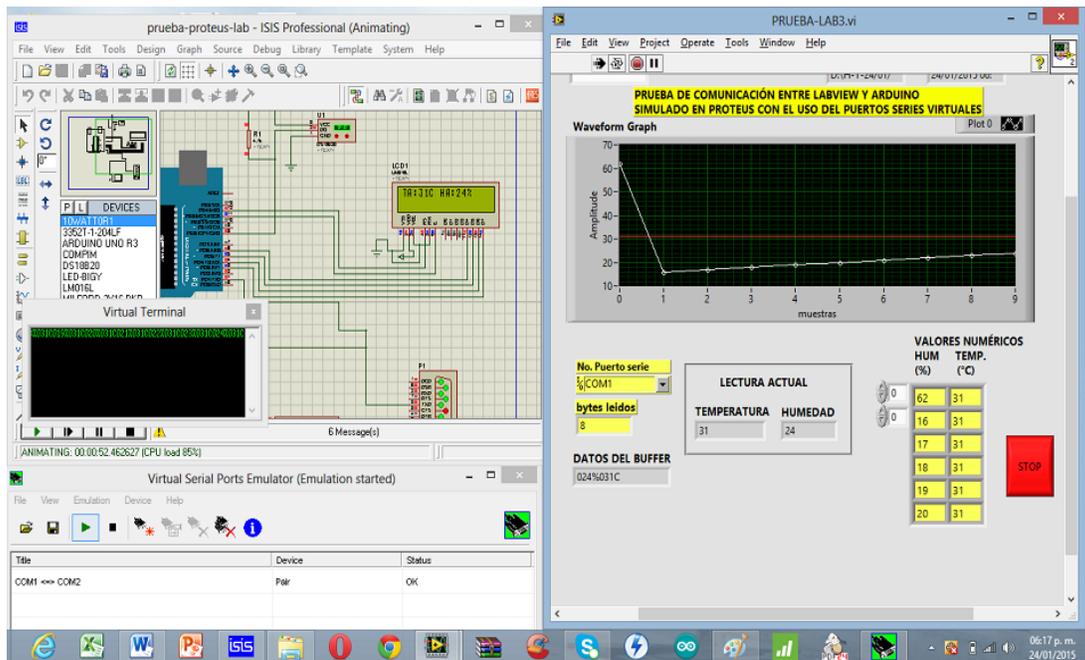


Figura 5. Ejecución simultánea en el Virtual Serial PortsEmulator del diseño en Proteus y del instrumento virtual desarrollado en LabVIEW.

RESULTADOS EXPERIMENTALES DEL SISTEMA INALÁMBRICO DE REGISTRO CLIMÁTICO.

Se verificó en el sistema implementado, tanto el hardware como el software, para comprobar su funcionamiento y evaluar sus características. De estas pruebas se obtuvo que los módulos de monitoreo y recolección mantienen la comunicación de radio frecuencia hasta distancias de 41 metros sin obstáculos al ser alimentados con 5V. Simultáneamente, permite la comunicación con la computadora por el puerto USB. En las pruebas realizadas, esto no afectó la comunicación unidireccional implementada entre ellos.

Se desarrollaron pruebas individuales para el envío y recepción de mensajes entre los módulos por radio frecuencia, logrando incrementar a 82 el conjunto de caracteres que integran el mensaje transmitidos a una distancia de 41 metros sin pérdidas. Esto se presenta en la parte superior de la figura 6. En la misma figura también se muestra la comunicación serie que se establece por el puerto USB la computadora con los módulos de monitoreo y recolector que se comunican entre ellos en forma inalámbrica. Por medio de la herramienta virtual desarrollada en LabVIEW, la PC toma la información, la almacena y la muestra en forma numérica y gráfica. La información almacenada en un archivo puede ser leída en una hoja de cálculo o procesador de texto.

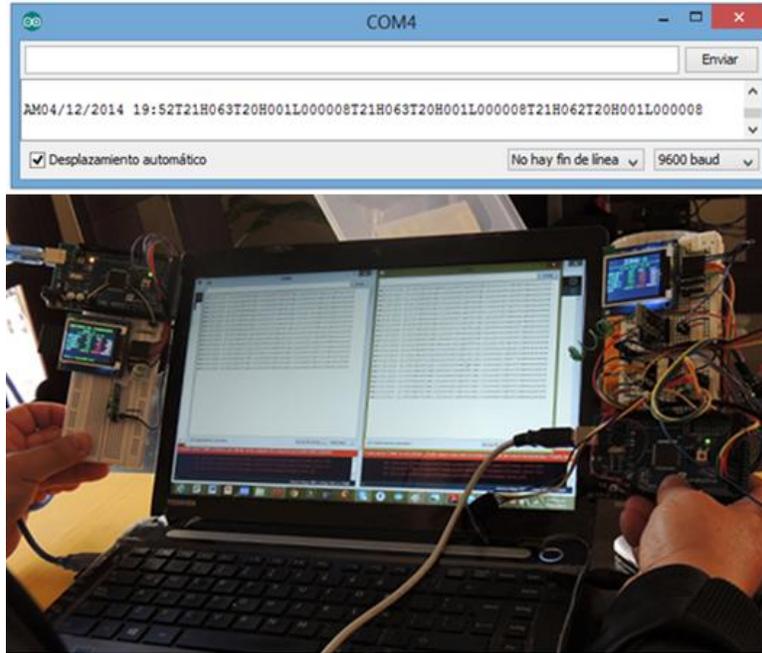


Figura 6. Cadena de caracteres que conforma el mensaje estructurado para la transmisión RF (arriba). Comunicación serie que se establece por el puerto USB entre la computadora y el modulo recolector (abajo).

En la figura 7 se muestra más claramente el resultado de la comunicación establecida entre la computadora y el módulo recolector por el puerto USB. Este archivo contiene en columnas la información relacionada con la zona monitoreada (ZONA), la fecha y hora de lectura (REGISTRO-FECHA Y HORA,), temperatura ambiental (TA), humedad ambiental (HA), temperatura del suelo (TS), humedad del suelo (HS) y luminosidad (L).



Figura7.Herramienta virtual de LabVIEW recibiendo información del módulo recolector (arriba) y archivo generado luego del monitoreo (abajo).

En la figura 8 se presenta el resultado de la comunicación establecida entre el módulo de monitoreo y el módulo de aviso. El módulo de aviso genera y envía un mensaje de texto por la red de telefonía celular, cuando detecta lecturas fuera de los límites permitidos en los parámetros climáticos controlados.



Figura 8. Recepción del mensaje de alerta cuando el módulo de aviso identifica alteraciones en las lecturas recibidas.

En la figura 9 se muestra la comunicación establecida entre el módulo de monitoreo y el dispositivo Android, cuando se requiere actualizar los datos de fecha y hora. Los mensajes que se generan hasta concluir el proceso, advierten que el módulo está en espera de la recepción de la información o actualizándola. Los pasos para realizar este proceso van desde la selección del módulo bluetooth, el ingreso manual o automático de los datos requeridos y el envío de la información.



Figura 9. Pasos en la comunicación por Bluetooth entre el dispositivo android y el módulo de monitoreo.

PRUEBAS PARA LA DETERMINACIÓN DE ERRORES EN LAS MEDICIONES.

Para determinar los errores de medición del sistema diseñado, se evaluaron dos de los cinco sensores de que dispone el sistema diseñado: los de temperatura ambiental y temperatura del suelo. Se utilizó como referencia de temperatura el medidor QUARTZ que tiene una precisión de $\pm 0.1^\circ\text{C}$. En las mediciones realizadas, la selección de las muestras se realizó sometiendo a un funcionamiento continuo el módulo de monitoreo durante un tiempo estimado de 8 días en los cuales, sin considerar el horario, se tomaron 19 muestras para su análisis. Los equipos en funcionamiento se muestran en la figura 10.



Figura 10. Equipos funcionando en las pruebas de medición de temperatura ambiental, temperatura de suelo y humedad de suelo.

Se comprobó experimentalmente que el sistema diseñado es capaz de medir la temperatura ambiental y del suelo con errores absolutos máximos de $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ y $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ respectivamente, lo que se ajusta a los parámetros de diseño inicialmente previstos para esta aplicación y resulta compatible con la precisión que garantizan los equipos comerciales similares.

CONCLUSIONES.

Se diseñó e implementó un sistema electrónico a bajo costo, que permite el monitoreo a distancia de invernaderos, que maneja tres tipos de comunicación inalámbrica: radiofrecuencia, bluetooth y telefonía celular. El sistema está diseñado en tres módulos que realizan funciones específicas, que se comunican entre sí por RF hasta una distancia de 41 metros. Los módulos de monitoreo y recolector, de ser necesario, pueden conectarse al computador por el puerto USB para suministrar información. El crecimiento del sistema está ligado al número de módulos de monitoreo que se incorporen; la configuración más pequeña del sistema constituye el correcto funcionamiento de los módulos y su comunicación, que es capaz de medir la temperatura ambiental y del suelo con errores absolutos de $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$ y $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ respectivamente. Por las características de su diseño, permite incorporar nuevos módulos sin afectar su funcionamiento. El gran número de entradas y salidas que dispone el FUNDUINO MEGA permite incorporar nuevas prestaciones a los módulos, como son la adición de sensores digitales o analógicos en el módulo de monitoreo.

REFERENCIAS.

1. TURON, Janez. "Biblioteca de la agricultura". España: Editorial Idea books s.a., 1997. 652-682 pp.
2. GARCÉS, David; JIMÉNEZ, Sergio. "Sistemas de control y monitoreo de invernadero del Centro Experimental de Riego de la ESPOCH mediante Tecnología ZigBee". Director: Romero Paúl. Tesis de Grado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador, 2012.
3. CANDO, Danilo, VILLAGRÁN Wilson. "Diseño y construcción de un prototipo de control para un invernadero de tomate (riñón) mediante comunicación inalámbrica". Director: Altamirano Edwin. Tesis de Grado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador, 2007.
4. Análisis comparativo de las placas Arduino (oficiales y compatibles) [en línea]. Disponible en web: <http://comohacer.eu/analisis-comparativo-placas-arduino-oficiales-compatibles/>.
5. Arduino MEGA 2560.[en línea].[ref. de marzo 2014]. Disponible en web: <http://www.mantech.co.za/datasheets/products/A000047.pdf>.
6. AOSONG. Temperature and humidity module AM2301 product manual [en línea]. [ref. de mayo 2014]. Disponible en web: meteobox.tk/files/AM2301.pdf.
7. DALLAS Semiconductor. DS18B20 datasheet [en línea]. [ref. de mayo 2014]. Disponible en web: <http://dlnmh9ip6v2uc.cloudfront.net/datasheets/Sensors/Temp/DS18B20.pdf>.
8. ROHM Semiconductor. BH1750FVI datasheet [en línea]. [ref. de mayo 2014]. Disponible en web: <http://www.elechouse.com/elechouse/images/product/Digital%20light%20Sensor/bh1750fvi-e.pdf>.
9. Módulo YL69 y YL38 datasheet [en línea]. [ref. de mayo 2014]. Disponible en web: <https://es.scribd.com/doc/233114065/Modulo-YL69-y-YL38>.
10. Real time clock module [en línea]. [ref. de junio 2014]. Disponible en web: http://www.hobbyist.co.nz/?q=real_time_clock.
11. 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>.
12. MARTIN. Toying with a 1.8" tft lcd display [en línea]. [ref. de agosto 2014]. Disponible en web: <http://harizanov.com/2013/02/toying-with-a-1-8-tft-lcd-display/>.
13. Módulo bluetooth master/slave (HC-05) [en línea]. [ref. de agosto 2014]. Disponible en web: http://botscience.net/store/index.php?route=product/product&product_id=70id=70.
14. Arduino UNO [en línea]. [ref. de mayo 2014]. Disponible en web: <http://arduino.cc/en/pmwiki.php?n=Main/ArduinoBoardUno>.
15. Arduino GPRS shield [en línea]. [ref. mayo 2014]. Disponible en web: http://www.geeetech.com/wiki/index.php/Arduino_GPRS_Shield.
16. 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.
17. MIT APP INVENTOR [en línea]. [ref. de septiembre 2014]. Disponible en web: <http://appinventor.mit.edu/explore/>.
18. LabVIEW interface for Arduino [en línea]. [ref. de junio 2014]. Disponible en web: <https://decibel.ni.com/content/groups/labview-interface-for-arduino>.
19. ALONSO, Cesar. Librería Arduino para Proteus [en línea]. [ref. de junio 2014]. Disponible en web: <https://es.scribd.com/doc/215528604/Libreria-Arduino-Para-Proteus>.