

# **SISTEMA INALÁMBRICO CON ARDUINO PARA MEDICION Y REGISTRO DE TEMPERATURA EN UN INVERNADERO**

## *WIRELESS SYSTEM WITH ARDUINO FOR MEASURING AND RECORDING TEMPERATURE IN A GREENHOUSE*

### ***José de Jesús García Cortés***

Tecnológico Nacional de México / IT de Ciudad Guzmán, México  
*jesusgc@itcg.edu.mx*

### ***Jhonatan Moisés Osorio Mendoza***

Tecnológico Nacional de México / IT de Ciudad Guzmán, México  
*jon\_moy@hotmail.com*

### ***Gustavo Chávez Orendain***

Tecnológico Nacional de México / IT de Ciudad Guzmán, México  
*gustavochavez\_orendain@hotmail.com*

### ***Jaime Jalomo Cuevas***

Tecnológico Nacional de México / IT de Ciudad Guzmán, México  
*jaimejc@itcg.edu.mx*

### ***Sergio Sandoval Pérez***

Tecnológico Nacional de México / IT de Ciudad Guzmán, México  
*ssandoval@itcg.edu.mx*

**Recepción:** 29/abril/2020

**Aceptación:** 29/octubre/2020

## **Resumen**

Desarrollo de un sistema inalámbrico de medición de temperatura y registro de datos para un invernadero con una placa de desarrollo Arduino. Se evaluaron sensores de temperatura y varios módulos electrónicos para Arduino UNO, que permitieron desarrollar un sistema inalámbrico con mejor desempeño que otros sistemas equivalentes ya desarrollados y se probó el sistema en un invernadero. Se desarrolla un sistema inalámbrico basado en Arduino uno, compuesto por un equipo Transmisor y un equipo receptor, a los que se les integran módulos con funciones especializadas de comunicaciones y registro de datos. Se obtiene un sistema de monitoreo inalámbrico de bajo costo. El equipo transmisor utiliza un sensor robusto

para uso especial en invernaderos. El sistema registra datos que pueden almacenarse y utilizarse para mejorar la toma de decisiones.

**Palabras clave:** Sensor de temperatura DS18B20, Transmisor inalámbrico de temperatura, Registro de datos, Arduino.

## **Abstract**

*Development of a wireless temperature measurement and data recording system for a greenhouse with an Arduino development board. Temperature sensors and various electronic modules for Arduino UNO were evaluated, which allowed to develop a wireless system with better performance than other equivalent systems already developed and the system was tested in a greenhouse. A wireless system based on Arduino uno is developed, consisting of a Transmitter and a receiver equipment, which are integrated with modules with specialized communications and data recording functions. A low cost wireless monitoring system is obtained. The transmitter equipment uses a robust sensor for special use in greenhouses. The system records data that can be stored and used to improve decision making.*

**Keywords:** Temperature sensor DS18B20, Temperature Wireless transmitter, DataLogger, Arduino.

## **1. Introducción**

En la región sur de Jalisco existe una población considerable de invernaderos, y los cuales son una fuente de ingreso para una gran cantidad de habitantes de la región. Sin embargo, las condiciones en las que estos operan suelen llegar a ser rudimentarias en lo que al manejo de las variables requeridas para el crecimiento de un cultivo se refiere.

El control del clima dentro del invernadero permite obtener de los cultivos mejores frutos. La temperatura en el invernadero es uno de los factores más importantes para tener en cuenta cuando de salud de cultivo se trata [Colombini, 2005] pues, aunque existen variables que afectan el crecimiento y desarrollo del cultivo, la temperatura está ligada a varias de ellas como es el caso de la humedad relativa, la cual es inversamente proporcional a la temperatura. Los equipos para monitoreo

y control [Suárez, 2015] de esta variable dependen del clima y región geográfica donde se encuentre el invernadero, por ejemplo, algunos invernaderos requieren de sistemas de enfriamiento y calefacción y en otras regiones los invernaderos pueden requerir solo uno de estos sistemas.

Usualmente la temperatura mínima por la mayoría de las plantas oscila entre los 10 y 15 °C, mientras temperaturas mayores a 30 °C puede resultar dañina. En invernaderos relativamente grandes es recomendable establecer un monitoreo mediante sensores, pues realizarlo con personal puede resultar poco económico y no muy viable.

La agricultura ha evolucionado con el paso de los años, las formas de cultivar y cosechar no son las mismas que en la década de los 50. La implementación de agricultura protegida en la actualidad ha permitido la producción de alimentos de manera considerablemente rápida en comparación con las formas tradicionales. La ventaja que ofrece un invernadero es la adaptación climática que provee para diferentes tipos de cultivo, siendo posible poder cultivar diferentes tipos de planta en un periodo similar de tiempo [Gutiérrez, 2018].

En este artículo se presenta un sistema que utiliza una placa de desarrollo Arduino uno, que monitorea y registra la temperatura dentro de un invernadero. Este sistema está basado en el Termohigrómetro con registro de datos, presentado por [García, 2019], al que se ha modificado para utilizar un sensor de temperatura robusto y se le han agregado varios módulos para mejorar su desempeño: un módulo especializado en registro de datos, un módulo I2C para control de la LCD y un módulo adaptador para mejorar la operación del Transceptor NRF24L01 en los 1000 kbps. Una de las ventajas de nuestro prototipo es la robustez y la reducción de costes, contando con un sistema eficiente (figura 1) que permite al usuario dar mantenimiento a cada una de sus partes o en el caso de los sensores incrementar el número de estos.

Gracias a la implementación de este sistema se puede prevenir el error generado por el ser humano, ya que este es el encargado de abrir o cerrar las ventilas, de prender o apagar los ventiladores, y en algunos casos apagar o prender la calefacción. También es importante resaltar este sistema cuenta con un respaldo

de información, ya que, si solo se dedicara a transmitir, las fluctuaciones climáticas que pudiesen presentarse serian una gran debilidad para este sistema.

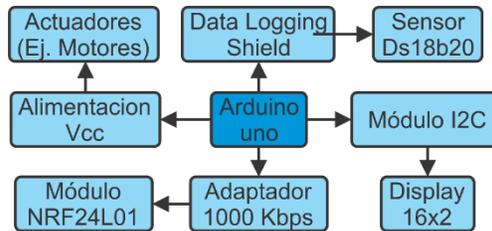


Figura 1 Diagrama general.

## 2. Métodos

Se desarrolló un transmisor que permite monitorear la variable temperatura dentro de un invernadero utilizando la placa Arduino uno y el software de simulación fritzing para los diagramas de conexión (figura 2). El software Arduino nos permite desarrollar algoritmos o programas que facilitan la manipulación de actuadores o equipos electrónicos. Además de que esta es una plataforma de desarrollo libre, es la más implementada para el desarrollo de proyectos electrónicos.



Figura 2 Placa de desarrollo arduino uno.

El sensor implementado fue el DS18B20 (figura 3). Este sensor de temperatura tiene la facilidad de comunicarse de forma digital, además de contar con el protocolo de comunicación serial digital OneWire. Cuenta con 3 terminales: Vcc, GND y el pin data, una resolución de 9 y 12 bits y un rango de operación de -50 a 85 °C con una precisión de  $\pm 0.5$  °C. para temperaturas de entre 85 a 125 °C existe un error de  $\pm 2$  °C.



Figura 3 Sensor para uso a intemperie ds18b20.

Para el registro de datos se incorporó el módulo Data Logger Shield (figura 4), quien cuenta con una ranura para una SD y otra para una pila de reloj, obteniendo así un lector de tarjetas SD que trabaja con formato FAT16 o FAT32 y un reloj de tiempo real (RTC) capaz de generar registros de segundos, minutos, horas, días del mes y año. Este módulo cuenta con la facilidad de auto ajustarse para meses con menos de 31 días o igual para correcciones de años bisiesto. Esto con el fin de poder almacenar las lecturas obtenidas durante el día y la noche.



Figura 4 Módulo data logging shield.

Se implementó también una pantalla LCD (Liquid Cristal Display) de 16x2 con módulo I2C (figura 5) para la visualización en tiempo real de la variable temperatura. También se le puede implementar una LCD de 20x4 si se desea visualizar más datos o una pantalla TFT para una interacción directa con los datos (se requiere programación previa).



Figura 5 Liquid cristal display 16x2 con módulo I2c.

Para la transmisión de datos se optó por utilizar el módulo transceptor NRF24L01 (figura 6) o módulo de radiofrecuencia, el cual posee un rango de potencia máxima en 1000 kbps y soportar temperaturas de -40 a 85 °C en operación.



Figura 6 Módulo transceptor nrf24l01.

También se le incorporo un adaptador (figura 7) ya que la placa Arduino no cuenta con la suficiente potencia que requiere el módulo transceptor para operar en el rango de los 1000 kbps (potencia de transmisión).



Figura 7 Módulo adaptador 1000 kbps.

### 3. Resultados

Para probar el transmisor de temperatura, el equipo se instaló dentro de un invernadero y se comparó su desempeño con las mediciones de temperatura obtenidas con el termohigrómetro de la figura 8 y con un RTD Pt100 (figura 9) [García, 2019]. Esto con el fin de borrar el error de medición de los instrumentos (sensores).

En la figura 10 se muestra la conexión del Data Logging Shield, quien se encargó de la recolección de datos obtenidos dentro del invernadero (figura 11), donde se

puede apreciar una variación de temperatura alta entre las horas 2 pm a 4 pm y una diferencia mínima entre cada uno de los sensores (3 para este caso).

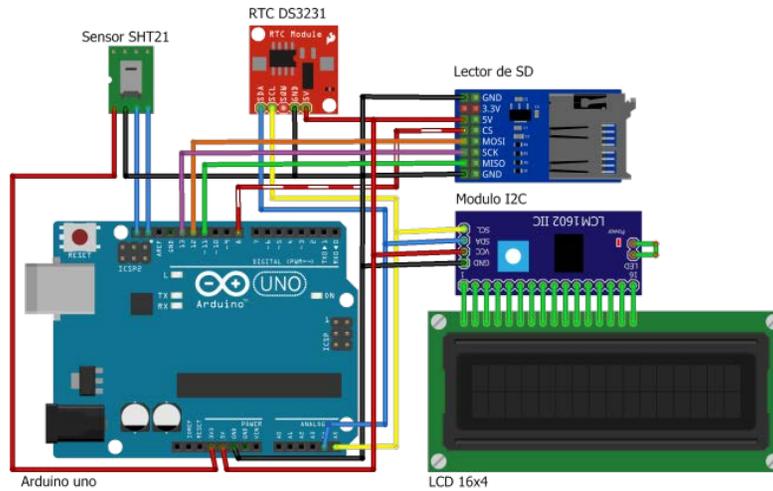


Figura 8 Termohigrómetro.



Figura 9 Rtd pt100.

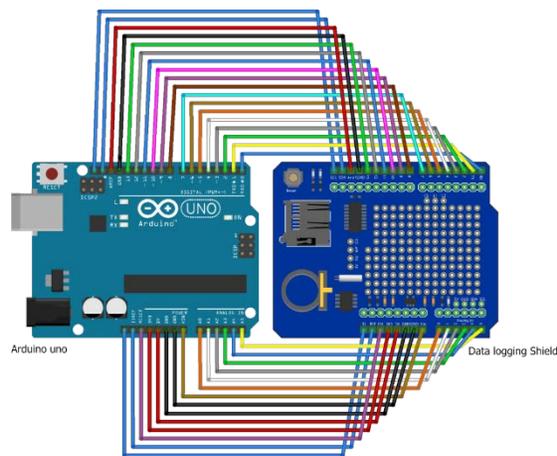


Figura 10 Conexión entre la tarjeta arduino uno y el módulo data logging shield.

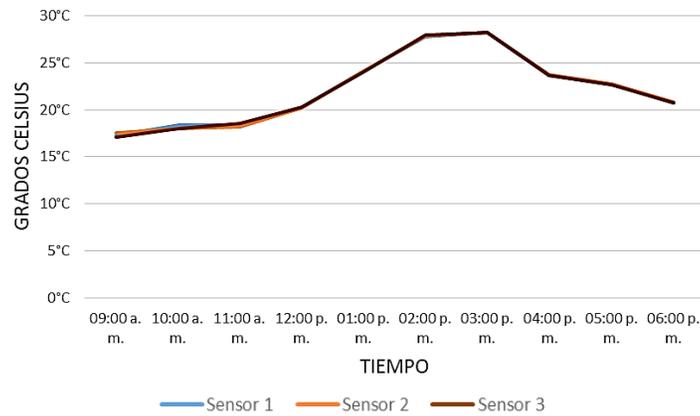


Figura 11 Registro de lecturas de temperatura en el invernadero.

En la figura 12 se muestran las conexiones correspondientes con los sensores DS18B20 a al módulo data logging shield, junto a una resistencia Pull-Up de 4.7 kΩ en el pin DQ. El valor de la resistencia de Pull-UP puede variar de acuerdo con la distancia que se coloque el sensor (longitud del cable) como se muestra en tabla 1.

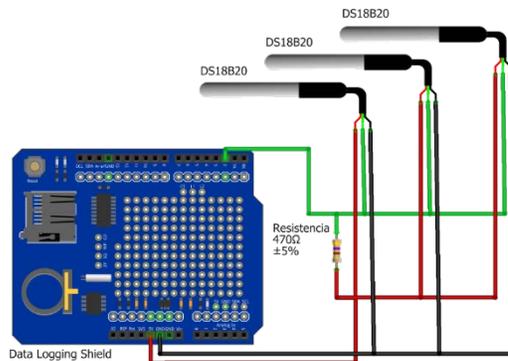


Figura 12 Conexión de los sensores ds18b20 a la tarjeta data logging shield.

Tabla 1 Valor de resistencia pull-up de acuerdo con la distancia.

Distancia (m)	Valor de resistencia (kΩ)
Hasta 5	4.7
5 a 10	3.3
10 a 20	2.2
20 a 50	1.2

En la figura 13 se muestra la conexión de la pantalla LCD junto con el módulo I2C, que a su vez se encuentra conectado al Data Logging Shield. Esto con el fin de poder visualizar la temperatura promedio o las diferentes lecturas de los sensores,

dependiendo del programa a ejecutar. El módulo I2C es un protocolo de comunicación encargado de facilitar la comunicación entre la LCD y la placa Arduino, recortando el bus de 16 pines a 4 pines

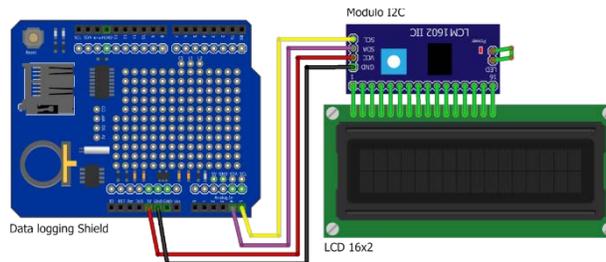


Figura 13 Conexiones entre la tarjeta data logging shield, la lcd y el módulo i2c.

En la figura 14 se muestra la parte de comunicaciones del equipo transmisor Tx. En esta figura se muestra la conexión del módulo NRF24L01, encargado de la transmisión de datos, el adaptador, que permite una mayor distancia de propagación y la placa Arduino UNO, encargada de la operación del sistema.

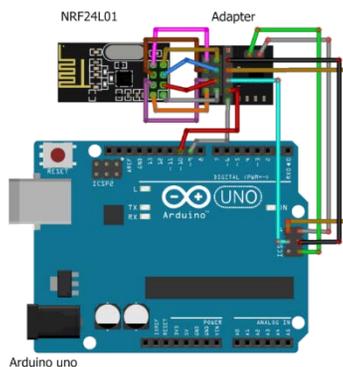


Figura 14 Hardware de comunicaciones rf del equipo transmisor (tx).

En la figura 15 se presenta la parte de comunicaciones del equipo receptor. Este segundo equipo, aunque cumple la función principal de receptor, puede operar de forma bidireccional, recibiendo y transmitiendo datos. Una ventaja adicional con la que cuenta el receptor además de la visualización externa de la temperatura del invernadero es que también puede actuar como una interfaz entre el Arduino y una PC, pero de momento solo se optó por la transmisión de datos y un módulo de respaldo de datos (Data login shield). En caso de perturbaciones de señales.

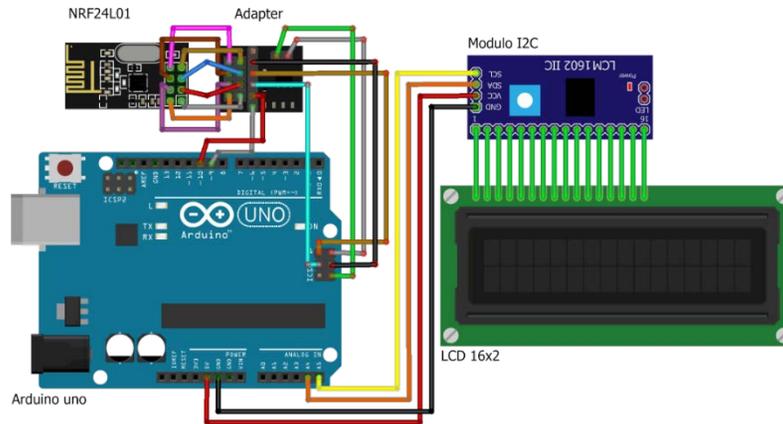


Figura 151 Equipo receptor (rx).

En la figura 16 se muestra el transmisor operando a una temperatura promedio; ya que por las dimensiones de la LCD se optó por mostrar solo una lectura, la cual es la temperatura promedio de las 3 lecturas.



Figura 16 Módulo inalámbrico.

Este módulo cuenta con una capacidad de almacenamiento de 1 GB (en memoria de tipo SD) pudiendo soportar hasta 32 GB y su almacenamiento de datos se programó para realizarse cada minuto. Esto con el fin de obtener una lectura de la temperatura más fiable, ya que regularmente la temperatura suele variar solo 1°C cada 5 minutos.

#### 4. Conclusiones

Se desarrolla un sistema electrónico de monitoreo de la variable temperatura en un invernadero de bajo consumo de energía y que utiliza nuevos módulos de hardware que hacen posible mejorar las funciones de comunicaciones registro y almacenamiento de datos.

El sistema inalámbrico utiliza comunicaciones de radio frecuencia (RF), que tiene mayor alcance que la comunicación por Bluetooth y es menos costosa que la comunicación por WiFi.

El equipo transmisor utiliza sensores robustos y de bajo costo para uso especial en invernaderos. El sistema registra datos que pueden utilizarse para mejorar la toma de decisiones en la producción. El sistema es modular y de bajo mantenimiento. El servicio de calibración, reparación o mantenimiento preventivo puede ser proporcionado localmente.

## **5. Bibliografía y Referencias**

- [1] Colombini, Carlos; Forgan, Ernesto; et al. (2005). Invernadero Automatizado. Editorial: Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología de la Nación – Instituto Nacional de Educación Tecnológica. Argentina.
- [2] García Cortés, José de Jesús y otros. (2019). Artículo: Construcción de un termohigrómetro con registro de datos a través de una placa de control Arduino. Revista: Pistas educativas. CISME Celaya. Celaya Guanajuato.
- [3] Gutiérrez, M (2018). Ventajas y Desventajas de los invernaderos, pp 08-11. Revista: Agroindustrias.
- [4] Mamani, M. Villalobos, M. y Herrera, R. (2017). Remote Sensor Monitoring by Radio with Arduino. Estados Unidos: independiente.
- [5] Pallás Areny, Ramon. (2001). Sensores y Acondicionadores de Señal. Editorial: Alfaomega Grupo Editor. México. Sensores inteligentes e instrumentación digital, págs. 423 - 425.
- [6] Suárez J. y Suarez M. (2014). Revista Agro-informática. Monitoreo de Variables Ambientales en Invernaderos Usando Tecnología Zigbee, pp 165.
- [7] Creus – sole, Antonio. (2008). Instrumentación industrial. 8va edición. Alfaomega grupo editor SA de CV, Mexico.
- [8] Pallas, ramon. (2007). Sensores y acondicionadores de señal. Marcombo. Barcelona, España.