

Sistema de riego automatizado con arduino

Automated irrigation system with arduino

Alfonso A. GUIJARRO-Rodríguez [1](#); Lorenzo J. CEVALLOS Torres [2](#); Debora K. PRECIADO-Maila [3](#); Bryan Nagib ZAMBRANO Manzur [4](#)

Recibido: 04/04/2018 • Aprobado: 19/05/2018

Contenido

[1. Introducción](#)

[2. Metodología](#)

[3. Resultados](#)

[4. Conclusiones](#)

[Referencias bibliográficas](#)

RESUMEN:

En una sociedad moderna, mantener huertos domésticos resulta complejo, debido a que los jardines se secan por falta de hidratación. Para evitar esto, se plantea diseñar un sistema de riego automático, que combine soluciones de hardware y software libres, para medir la humedad de la tierra y el aire porque forman parte del ecosistema del huerto. A esta solución se le añadió un microcontrolador, que actúe como centro de operaciones para asegurar el suministro y la dosificación de agua para mantener hidratada una planta. Por lo expuesto, esta solución, incluye una aplicación móvil que utilizando tecnología Bluetooth, establece el canal de comunicación con el microcontrolador, permitiendo la emisión y recepción de las señales generadas por los sensores del sistema logrando minimizar el trabajo de las personas.

Palabras-Clave: Automatización, recolección de datos, señales de sensores.

ABSTRACT:

In a modern society, maintaining home gardens is complex, because gardens dry out due to lack of hydration. To avoid this, it is proposed to design an automatic irrigation system, combining free hardware and software solutions, to measure the humidity of the land and air because they are part of the orchard's ecosystem. To this solution was added a microcontroller, which acts as a center of operations to ensure the supply and dosage of water to keep a plant hydrated. Therefore, this solution includes a mobile application that uses Bluetooth technology, establishes the communication channel with the microcontroller, allowing the emission and reception of the signals generated by the sensors of the system, minimizing the work of the people.

Keywords: Automation, data collection, sensor signals.

1. Introducción

La problemática que versa en este proyecto, se enfoca en la poca disponibilidad que tienen las personas para mantener hidratados los cultivos o jardines domésticos, es decir, evitar que sufran deterioro por falta de hidratación. Consientes que a muchas personas, les agrada el hecho de realizar sus propios cultivos, con plantas ornamentales en jardines o crear huertos para la siembra de hortalizas, esto permite que las personas bajen el nivel de stress y consigan mejorar la salud. Sin embargo, el mantenimiento se torna un problema cuando

de regar las plantas se trata, hay quienes deciden contratar personas para el cuidado de sus jardines, otros, ceden tiempo para cuidar sus cultivos, pero no mantienen constancia y termina fallando el control y cuidado de los mismos.

Sin embargo, se podría enumerar varios factores como el tiempo, la cantidad de agua que debe suministrar, estos inciden mucho en el cuidado de un cultivo. Otro factor importante, es el calentamiento global que está provocando la disminución de la masa de hielo de los glaciares que tiene como consecuencia escasez del agua, según el informe sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo proporcionado por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, se observa que un aproximado del 70% del agua es utilizada para el riego, basado en estas cifras, se hace esencial hacer un uso eficiente de agua mediante riegos tecnificados [1]. Por otra parte, esta propuesta, se centra en el riego automático de los cultivos, empleando tecnología de bajo costo, al servicio de las personas, siendo la idea central integrar la placa arduino, con sensores de humedad para medir los niveles de hidratación del suelo y sensores de temperatura para medir la humedad del aire, de modo que se active o no la señal que da paso al riego automático. Los sistemas de riego siempre han sido importantes para el hombre que comenzó a cultivar todo tipo de semillas, desde las antiguas civilizaciones se han utilizado [2].

Se ha difundido que en varias regiones del mundo, existen cultivos tradicionales, que dependen exclusivamente de la lluvia para su hidratación, tal es el caso del arroz, que ante la falta del riego natural, se establecen otros mecanismos para mantener la producción, por ejemplo el riego por inundación, destinado para cultivos grandes. Frente a esto, la propuesta pretende extrapolar la solución y llevarla a esquemas reducidos como los jardines domésticos, donde el terreno y las plantas tienen una limitación considerable. A nivel didáctico, se desea reducir la brecha entre el uso de la tecnología y la formación teórica que reciben las áreas de sistemas computacionales, combinando componentes de la electrónica computacional, con el desarrollo de software, se logra contribuir con el desarrollo de destrezas del Ingeniero en Sistemas Computacionales.

Trabajos anteriores revelan que en la universidad Distrital Francisco José de Caldas – Bogotá, Colombia se implementó un modelo a escala del sistema de riego automatizado, el cual es alimentado con energía solar foto-voltaica, dicho sistema permite el ahorro de energía para comprobar el funcionamiento de este tipo de sistemas en condiciones climáticas de Bogotá, donde se miden señales analógicas en una finca de aguacates [3]. Esta iniciativa, al igual que otras tiende a automatizar sistemas creando centros de control y monitoreo, que optimicen recursos como el tiempo, la mano de obra, entre otros. Para mejorar los procesos, haciéndolos cada vez, más rápidos y eficientes.

La escasez y el mal uso del agua, plantean una creciente y seria amenaza para el medio ambiente, la salud y la supervivencia de la especie humana [4]. La electrónica, se encuentra apoyando todos los campos del conocimiento, y de una manera especial al agro. Nuevos avances, han permitido optimizar el aprovechamiento de los recursos naturales, logrando aumentar, la producción agrícola [5]. Por lo antes expuesto, se confirma que de no llevar un control correcto del agua, esto puede resultar costoso, daña cultivos e incluso dañar la calidad del suelo, por lo cual es necesario contar con sistemas de riego, que integren la tecnología moderna [6].

A través de otros trabajos se obtuvo que la medición de la humedad en el suelo permite tomar decisiones, sobre cuándo realizar la hidratación del mismo, además permite medir el tiempo que debe durar el riego. El sistema, se basa en la necesidad de conservar los cultivos hidratados [7], para medir los estados de humedad, se requiere, la ayuda de sensores, que emitan señales que son recogidas vía Bluetooth, con la aplicación móvil, la cual procesa esta información y determina cuando establecer el riego en forma automática.

El control y la automatización resultan cada vez más importantes en el campo de la industria, así como en el campo de la ingeniería, el identificar una necesidad y crear soluciones basadas en sistema permiten crear oportunidades de desarrollo [8]. Este proyecto está enfocado al control automático de un sistema de riego que permite que los cultivos permanezcan hidratados y obtengan una mejor calidad de los productos finales.

En [9] se implementó un paquete tecnológico para el monitoreo ambiental en Invernaderos

con el uso de hardware y software libre. Considerando la construcción y adaptación de sensores para medir las variables climatológicas dentro y fuera de un invernadero, la construcción y adaptación de interfaces electrónicas permitieron capturar los valores de los sensores y con el desarrollo de software se logró procesar y organizar los datos para su correcta interpretación.

Como fruto de una revisión bibliográfica se encontró que existen diferentes métodos de riego, siendo por goteo, el más utilizado por su bajo coste, consiste en llevar el agua por medio de tuberías de plástico pequeños a lo largo de las hileras de las plantas para proporcionar agua de una manera lenta y localizada gota por gota. [10][11]. En el mundo agrario, la jardinería ofrece un servicio más exigente, debido a que trata de realizar trabajos concretos de manera eficiente, satisfaciendo las necesidades del cliente y aumentando la producción [12].

El sistema de riego automático, está desarrollado para aplicarse en huertos verticales. Sin embargo, se podría aplicar la solución a cualquier tipo de cultivo, donde la extensión de terreno, no sea muy grande, es decir, aplicado a las áreas verdes de los hogares. Hay que considerar que el sistema de riego permite la recirculación del agua, impulsada por una bomba sumergible, la que incluye una solución hidropónica nutritiva [13].

El coste de automatización, es una de las principales motivaciones para desarrollar el proyecto. A esto se le añade el uso de la plataforma arduino, la cual contribuye a la economía por tener precisos accesibles, la implementación de los sistemas de control, brindan flexibilidad de crear programas a medida, para manejar datos, en comparación con otras plataformas.

Es claro, que se presentan inconvenientes, cuando los cultivos son abandonados por periodos prolongados de tiempo, en ocasiones las plantas mueren, por la incidencia del sol y por falta de humedad en sus raíces, además el excesivo consumo de agua al momento del riego produce una incorrecta oxigenación de la planta [14]. Estas situaciones, exige la necesidad de automatizar el proceso de riego, para asegurar que las plantas reciban la hidratación adecuada, en función de la condición que forma su ecosistema, lo que justifica el uso del sensor de humedad.

El principal objetivo del sistema, es mantener las plantas hidratadas minimizando el trabajo de los seres humanos, mediante un sistema de riego automático que es manejado mediante una aplicación móvil que recibe las señales de la placa arduino, por medio de la tecnología bluetooth, dichas señales notifican el estado de humedad del suelo.

Para una mejor comprensión de este trabajo, se divide de la siguiente manera, en la sección 2, se detalla la metodología a emplearse, así como los materiales que se utilizaron en la implementación del sistema, en la sección 3, se presenta los resultados obtenidos y las características del sistema, en la sección 4 se describen las principales conclusiones y en la última sección se presentan las referencias bibliográficas.

2. Metodología

Este trabajo incluye varias metodologías, por una parte las metodologías tradicionales que permitieron el abordaje de la fundamentación teórica [15] y por otra el desarrollo de software con metodología ágiles para la creación de la aplicación móvil y finalmente la integración del sistema automático de riego controlado por arduino, para el cual se tuvo que realizar investigaciones relacionadas al área de la electrónica computacional y al desarrollo de software, se analizaron áreas de cultivos, como jardines, huertos domésticos, entre otros, donde se logró determinar que existen áreas de cultivos que son regadas por personas en forma manual, esto permitió decidir que un sistema de riego automático sería de gran ayuda para dichos espacios.

El diseño del sistema se realizó siguiendo modelos de otros sistemas de riegos, con los ajustes pertinentes y las necesidades propias de este objetivo que es mejorar la hidratación de las plantas. Entre las modificaciones que se implementó fue la elaboración de una aplicación móvil y la utilización de la plataforma arduino con un set de sensores de humedad y temperatura.

La herramienta de desarrollo de software que se utilizó, fue la tecnología multiplataforma de arduino utilizada por tener un lenguaje de programación sencillo en comparación con otras plataformas. Además se usó ANDROID STUDIO, que corresponde a la IDE oficial para la elaboración de aplicaciones Android, además de una computadora portable para el desarrollo e instalación del sistema.

En los estudios realizados, se utilizó como ejemplar la planta dracena debido a que se puede encontrar comúnmente en los hogares y su cuidado es muy fácil de llevar, el pseudocódigo que se muestra a continuación permite la verificación de los sensores de humedad y temperatura para la activación del sistema de riego.

2.1. Algoritmo

Pseudocódigo principal del sistema

Humedad de tierra mínima = 10;

Humedad de Aire mínima = 30;

Temperatura Máxima = 35;

Se verifica sensor de Humedad de Tierra cada 1 Segundo;

Se verifica sensor de Temperatura y Aire cada 5 Segundos;

Si Humedad de Tierra < Humedad de Tierra Mínima entonces:

 Si Mensaje Alerta = Verdadero entonces:

 Mostrar Mensaje "Humedad de Tierra Baja";

 Activar Riego durante 6 segundos;

Si Humedad de Aire < Humedad de Aire Mínima entonces:

 Si Humedad de Tierra < 60 entonces

 Si Mensaje Alerta = Verdadero entonces:

 Mostrar Mensaje "Humedad de Aire Baja";

 Activar Riego durante 3 segundos;

Si Temperatura > Temperatura Máxima entonces:

 Si Humedad de Tierra < 60 entonces:

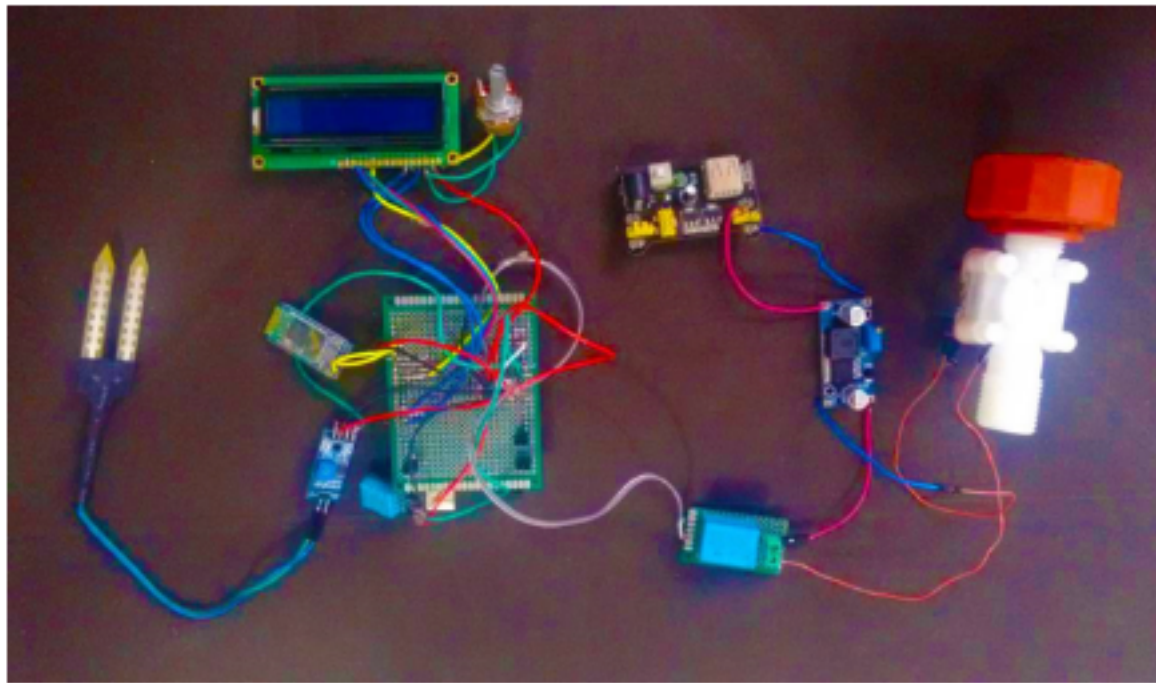
 Si Mensaje Alerta = Verdadero entonces:

 Mostrar Mensaje "Temperatura Alta"

 Activar Riego durante 2 segundos;

Para las pruebas y evaluación del trabajo, se realizó una maqueta que trata de emular un jardín donde se implementa el sistema de riego automatizado y controlado por la placa arduino, además para verificar respectiva funcionabilidad del mismo, el proyecto fue sometido al análisis de expertos en electrónica computacional, profesores del área de circuitos eléctricos y electrónicos. La representación de la maqueta así como los accesorios utilizados se muestran en la figura 1. Escenario de Prueba.

Figura 1.
Escenario de prueba



En la primera versión se observó que los sensores necesitaban ser calibrados para obtener mejores lecturas de los datos recogidos, lo cual permitió a través de la observación directa hacer las calibraciones respectivas para tener una segunda la versión del producto que refleja datos de manera eficiente.

A continuación se explicara el procedimiento que se realiza para la elaboración del sistema de riego automatizado por arduino, en el cual se establece la programación que controla la electroválvula que es la responsable del paso de agua para la hidratación del huerto doméstico.

Se Implementaron los siguientes componentes para obtener los valores del sistema de riego:

- Dispositivo Bluetooth HC-05: para emitir y receptor valores del sistema.
- Sensor de humedad de suelo FC-28: para medir la humedad de la tierra.
- Sensor de temperatura DHT11: para medir la temperatura del aire.

Las conexiones que se realizaron para cada componente se encuentran expresadas en las siguientes tablas 1, 2 y 3 respectivamente, de tal forma que sea sencillo volver a representarlo.

Tabla 1
Conexión de Dispositivo Bluetooth.

a) Dispositivo Bluetooth HC - 05	
Pin	Puerto Arduino
VCC	VCC
GND	GND
Rx	Rx
Tx	Tx

Tabla 2
Conexión de Sensor de humedad.

b) Sensor de humedad FC-28	
-----------------------------------	--

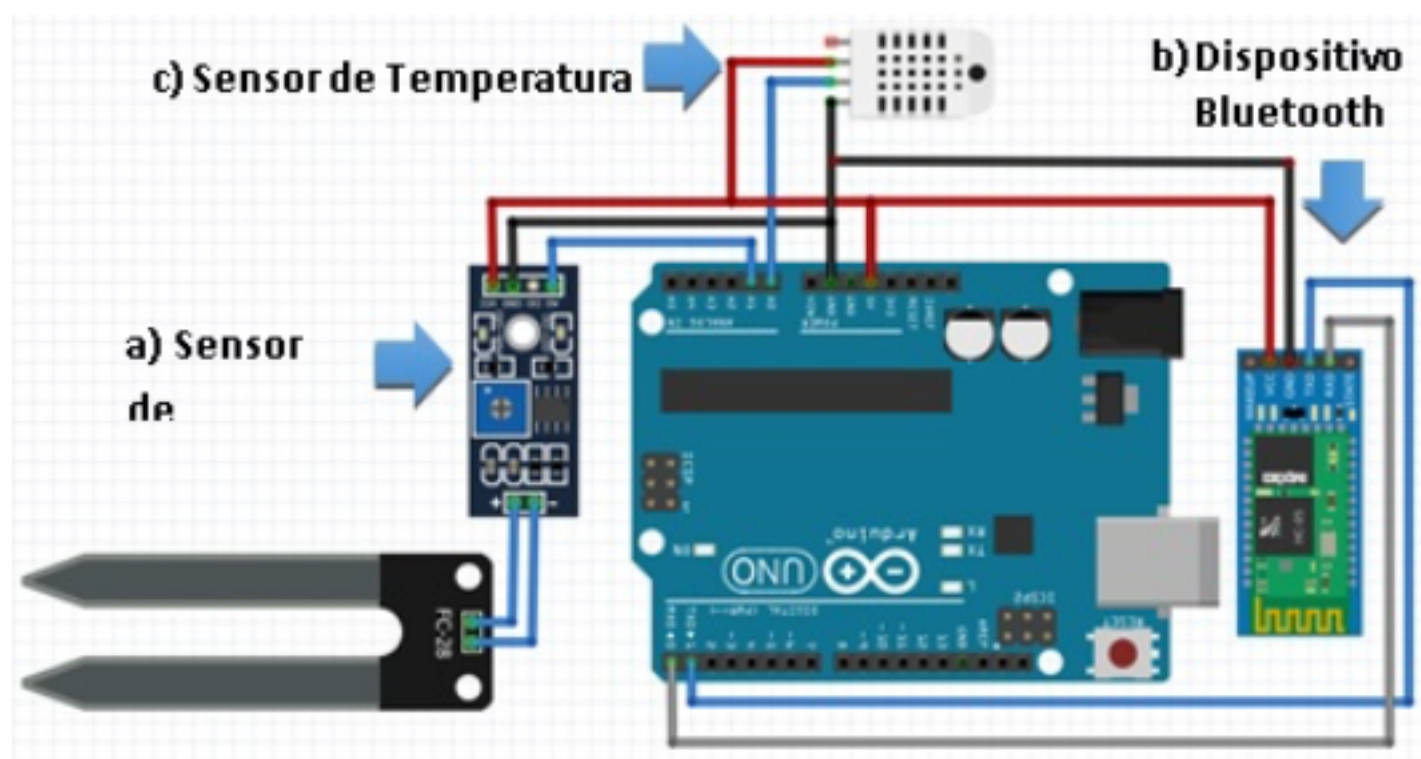
Pin	Puerto Arduino
Señal del sensor	A1
VCC	VCC
GND	GND

Tabla 3
Conexión de Sensor de Temperatura.

c) Sensor de Temperatura DHT11	
Pin	Puerto Arduino
Señal del Sensor	A0
VCC	VCC
GND	GND

Con la finalidad que el lector pueda recrear el diseño se muestra un diagrama de conexión en forma gráfica desde la figura 2. Conexión de los Sensores con la placa Arduino.

Figura 2.
Conexión de los Sensores con la placa Arduino



Adicional a los materiales, se usará un relé de un canal para que la corriente eléctrica se transforme a 12 Voltios, que es la salida con la que trabaja la electroválvula así no se quemarán los demás componentes y se pueda utilizar en conjunto con la placa Arduino. El relé se activará dependiendo de las instrucciones programadas en el mismo, este se encuentra conectado al puerto analógico 5 del mismo. Del otro extremo del relé están conectados los cables que van a la electroválvula y al convertidor DC-DC que alimenta a la misma. Para la visualización de los estados en la que se encuentra el huerto doméstico, es decir las medidas de temperatura, humedad entre otros, se implementó un Display LCD de

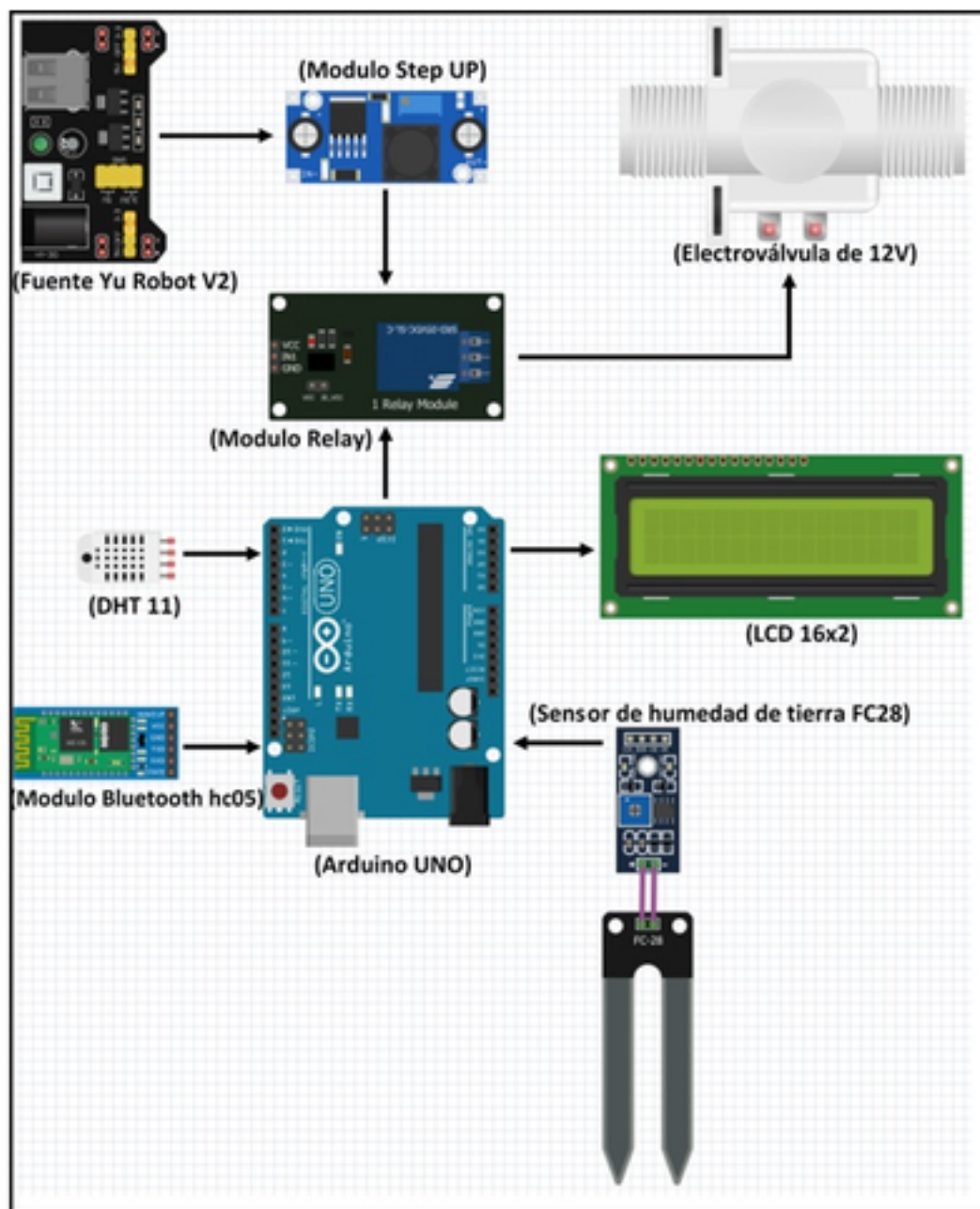
2x16, para su lectura, esto es necesario habilitarlo para una mejor interacción y para establecer sus respectivas conexiones se debe seguir la tabla 4.

Tabla 4
Conexión de Display LCD.

Conexión de Display LCD	
LCD PIN	ARDUINO PIN
RW, pin 5	GND
RS, pin r	7
EN, pin 6	8
DB7 pin 14	12
DB6 pin 13	11
DB5 pin 12	10
DB4 pin 11	9

Para la plataforma web, se utilizó ANDROID STUDIO para diseñar una aplicación que muestre los datos obtenidos por los sensores y a su vez pueda modificar dichos valores dependiendo del huerto doméstico en el que se vaya a emplear, estos datos son obtenidos en la aplicación por medio del dispositivo Bluetooth como se observara en la figura 3.

Figura 3
Versión Final del Prototipo de Sistema de Riego



3. Resultados

El presente, pretende servir de iniciativa para implementar sistemas de riego automático controlado por arduino, el cual trabaja con una aplicación móvil donde se procesan los datos capturados por el sensor de humedad notificando, sí la planta requieren o no hidratarse.

Se realizaron varias pruebas, la primera versión, se probó por un periodo de dos semanas comprobándose que las lecturas recogidas en el transcurso de este tiempo no eran precisas, por lo que se procedió a calibrar los sensores de tal manera que el sistema, pueda obtener valores más exactos de las señales, llegando así a una segunda versión del producto, en el transcurso de un mes se observó que ya no habían valores erróneos y no se producía la resequead, ni la sobre hidratación del sembrío, de esta forma se verifico que el sistema cumplía con el objetivo propuesto.

Se trabajó con dos plataformas para realizar el sistema, una que es la multiplataforma de arduino donde se desarrolló la programación del sistema de riego y la otra fue el IDE ANDROID STUDIO, donde se desarrolló la aplicación móvil. La aplicación sirve para conocer y modificar el estado en que se encuentra el suelo y la temperatura del aire, notificando por pantalla en qué estados se encuentra el huerto doméstico.

Se establecieron rango para diferenciar el estado del suelo, como lo muestra la tabla 5 y 6 respectivamente, los cuales se presentaran a continuación:

Tabla 5
Validación de activación y desactivación de los sensores.

Validación de los Sensores		
Sensor	Activar Riego	Desactivar Riego

Humedad	% de Humedad \leq a 50%.	% de Humedad $>$ 50%.
Temperatura	$^{\circ}$ C de Temperatura \geq 40 $^{\circ}$ C.	$^{\circ}$ C de Temperatura $<$ 40 $^{\circ}$ C.

Tabla 6

Validación de notificación en la aplicación y en el Display LCD.

Validación de Notificación	
Mensaje en Pantalla	Notifica cuando:
Tierra Húmeda	% de Humedad $>$ 50%.
Temperatura Baja	$^{\circ}$ C de Temperatura $<$ 40 $^{\circ}$ C.
Tierra Seca	% de Humedad \leq a 50%.
Temperatura Alta	$^{\circ}$ C de Temperatura \geq 40 $^{\circ}$ C.

Debido a la naturaleza los suelos, hay zonas de mayor o menor captación de agua de los diferentes tipos de plantas que existen, la que se usó para la prueba del sistema de riego fue la planta Dracena, debido a sus características y presencia en los jardines domésticos, además, por motivo de que no se marchita ante falta de agua y es resistente al calor, se hicieron pruebas en diferentes escenarios.

3.1. Escenario 1: El sensor de humedad actúa sobre el suelo en tierra mojada

Se posicionó el sensor de humedad de tierra en una maceta con tierra mojada. Se comprobó vía comunicación serial los valores que se recibían, se comprobó los valores que se mostraban en la pantalla y se determinó que no se activaba la válvula de agua por las condiciones de humedad alta, tal como se muestra en la tabla 7.

Tabla 7

Valores obtenidos en el escenario 1

Prueba en escenario 1		
Datos de comunicación serial	Datos mostrados en la pantalla	Electroválvula
99	99%	OFF
90	90%	OFF
80	80%	OFF
75	75%	OFF
70	70%	OFF

3.2. Escenario 2: El sensor de humedad actúa en tierra seca

Se posicionó el sensor de humedad en una maceta con tierra seca. Se comprobó desde comunicación serial, los valores que se recibían, se comprobó si son los mismos valores que se mostraban en la pantalla y se determinó que se activaba la válvula de agua bajo la condición de humedad baja, tal como se muestra en la tabla 8.

Tabla 8
Valores obtenidos en el escenario 2

Prueba en escenario 2		
Datos de comunicación serial	Datos mostrados en la pantalla	Electroválvula
2	02%	ON
4	04%	ON
6	06%	ON
9	09%	ON
10	10%	ON

3.3. Escenario 3: El sensor de humedad en tierra medio mojada

Se posicionó el sensor de humedad de tierra en una maceta con tierra medio seca. Se comprobó desde comunicación serial los valores que se recibían, se comprobó si son los mismos valores que se mostraban en la pantalla y se determinó que no se activaba la válvula de agua bajo la condición de humedad media, tal como se muestra en la tabla 9.

Tabla 9
Valores obtenidos en el escenario 3

Prueba en escenario 3		
Datos de comunicación serial	Datos mostrados en la pantalla	Electroválvula
70	70%	OFF
50	50%	OFF
45	45%	OFF
30	30%	OFF
20	20%	OFF

3.4. Escenario 4: El sensor dht11 (humedad y temperatura en

el aire) bajo calor de un encendedor

Se colocó un encendedor cerca del sensor dht11 para ver si detectaba las subidas de temperatura (el sensor, para evitar errores sólo lee datos cada 5 segundos), si la temperatura subía, la válvula tenía que abrirse para que el agua refresque la planta. Se comprobó desde comunicación serial los valores que se recibían, se comprobó si son los mismos valores que se mostraban en la pantalla, tal como se muestra en la tabla 10.

Tabla 10
Valores obtenidos en el escenario 4

Prueba en escenario 4		
Datos de comunicación serial	Datos mostrados en la pantalla	Electroválvula
30	30 C	OFF
32	32 C	OFF
35	35 C	ON
40	40 C	ON
50	50 C	ON

3.5. Escenario 5: El sensor dht11 bajo frío de una botella cerca

Se colocó una botella fría cerca del sensor dht11 para ver si se detectaba que bajaba la temperatura, en ese caso no se hacía nada. Se comprobó desde la comunicación serial los valores que se recibían y se comprobó si son los mismos valores que se mostraban en la pantalla, tal como se muestra en la tabla 11.

Tabla 11
Valores obtenidos en el escenario 5

Prueba en escenario 5		
Datos de comunicación serial	Datos mostrados en la pantalla	Electroválvula
28	28 C	OFF
24	24 C	OFF
22	22 C	OFF
18	18 C	OFF
17	17 C	OFF

3.6. Escenario 6: Humedad baja causada por la condensación

de una botella

Se puso una botella fría cerca del sensor dht11 para que el frío de dicha botella produzca que la humedad del aire baje al producirse la condensación, entonces al estar la humedad baja, se encendió la electroválvula. Se comprobó desde la comunicación serial los valores que se recibían y se comprobó si son los mismos valores que se mostraban en la pantalla, tal como se muestra en la tabla 12.

Tabla 12
Valores obtenidos en el escenario 1

Prueba en escenario 6		
Datos de comunicación serial	Datos mostrados en la pantalla	Electroválvula
70	70%	OFF
60	60%	OFF
55	55%	OFF
35	35%	ON
30	30%	ON

4. Conclusiones

La implementación del sistema ayuda a optimizar el tiempo y la forma de realizar el riego de un huerto doméstico a bajo coste, además se considera sencillo el manejo del mismo.

Debido a los resultados obtenidos en las pruebas del sistema de riego, se puede comprobar que el mismo funciona en tiempo real, debido a que el intervalo en envío y recepción de los mensajes está en función del tiempo esperado de aproximadamente 7 segundos.

El funcionamiento de los sensores de humedad es aceptable, la entrega de valores es aproximado a los que normalmente entregan los sensores de alta precisión. Comprobando el control del riego se puede realizar de manera automática en tiempo real, mediante el uso la aplicación con los valores estándar seguidamente del riego, tal como se demostró en el funcionamiento del sistema, de forma manual accediendo a la conexión vía Bluetooth y digitalizando los valores de humedad y de temperatura según el riego del que se quiera disponer.

Los resultados obtenidos, dan por válida la hipótesis que define que con la implementación de un sistema autónomo para riego, se minimiza el trabajo de las personas y se obtendrá un eficiente uso de agua. A partir de los resultados obtenidos, se establece también que con la implementación se permitirá un eficiente uso de agua basado en el balance de humedad del suelo y temperatura del aire, de bajo coste y sencillo de implementar.

El sistema de riego automático permitirá mejorar el control de riego, reduciendo el consumo de agua y mejorando la productividad en los cultivos. La instalación de este sistema ayuda a optimizar el tiempo y forma de riego en un área pequeña de cultivos a un bajo coste. El producto está limitado a espacios reducidos, por su implementación en bajo consumo de potencia, pero con opciones de poder ampliarse a la vida real utilizando el mismo diseño pero involucrando accesorios de mayor potencia en áreas de cultivos más grandes [15].

Los avances tecnológicos han permitido que la medición de la humedad del suelo, que se logre a bajos costos, pueda hacer que sea posible la comercialización de estas tecnologías

Referencias bibliográficas

- [1] Vera, D., Cárdenas, M., & Espinosa, L. (2011). Diseño e Instalación de un Sistema de Riego por Aspersión para 50 Ha. de Cultivo de Palma Aceitera (*Elaeis guineensis*) en la Provincia del Guayas.
- [2] Mendoza Samperio, G. C., Ortiz Cerna, M. A., Ponce De León Arizmendi, L., & Rodríguez López, W. (n.d.). Sistema de riego automatizado.
- [3] Martínez, G. A. L., Moreno, F. G., & Fierro, J. B. (2013). Modelo a escala de un sistema de riego automatizado, alimentado con energía solar fotovoltaica: nueva perspectiva para el desarrollo agroindustrial colombiano. *Tecnura*, 17, 33–47.
- [4] Huerta Arenas, G. U. S. T. A. V. O., Jimenez Tellez, E. D., & Prado Rodriguez, Z. E. (2012). Sistema automático recuperador de agua pluvial y aguas grises (Doctoral dissertation).
- [5] Quintero, J. D., Obando, M. D. B., & Ramírez, A. Y. (2016). Monitoreo remoto a sistemas de riego por bombeo eléctrico a cultivos de arroz en el departamento del Huila. *Ingeniería y Región*, 14(2), pp. 55-63.
- [6] Leyva, Y. I. (2015). DESARROLLO DE Un sistema de control automático de riego por compuertas para la junta de regantes de guarango pampa-utcubamba–amazonas. *Revista Científica INGENIERÍA: Ciencia, Tecnología e Innovación*, 1(2),82.
- [7] Ramos Mesa, S. M., & Ortega Vega, E. F. (2017). Sistema automático de riego de agua para hidratación de césped orgánico usando energía renovable (Bachelor's thesis, Espol).
- [8] Castillo Ojeda, F. J. (2014). Diseño y construcción de un sistema de tanques acoplados para la medición y control automático de nivel de líquidos (Bachelor's thesis).
- [9] Lugo Espinosa, O., Quevedo Nolasco, A., Bauer Mengelberg, J. R., Valle Paniagua, D. H. D., Palacios Vélez, E., & Águila Marín, M. (2011). Prototipo para automatizar un sistema de riego multicultivo. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 2(5), pp. 659-672.
- [10] Calle Zambrano, F. A., & Gaibor Vistin, J. X. (2017). Automatización de un sistema de riego con monitoreo local usando una touch y control remoto inalámbrico via GSM (Arduino Open Source) para el mejoramiento dentro del campo agrícola en ASOFRUT de la Ciudad de Ambato (Bachelor's thesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo).
- [11] Sánchez Hernández, J. E. (2013). Ahorro de consumo de agua, aplicando técnicas de riego en jardines de la UNAC.
- [12] Escalas Rodríguez, G. (2015). Diseño y desarrollo de un prototipo de riego automático controlado con Raspberry Pi y Arduino (Bachelor's thesis, Universitat Politècnica de Catalunya), pp. 12-45.
- [13] Vintimilla Peláez, C. (2013). Uso de materiales para jardines verticales en espacios interiores (Bachelor's thesis, Universidad del Azuay).
- [14] Cuenca Cahuana, G. M. (2016). Implementación de un Sistema de Riego Automático y Manual para Optimización de recursos con Adquisición de datos de Sensor de Humedad en Computador, pp. 1-3.
- [15] Guijarro-Rodríguez, Alfonso. A., Zambrano-Santana, Jorge. L., & Castro-Limones, Alberto N. (2017). Sistema de control y monitoreo de bebés basados en Open Source. *Revista Publicando*, 4(13), pp. 40-54.
-

Anexos

Interfaces del desarrollo web con el proceso a seguir en la aplicación móvil.



1. Master Universitario en Modelado Computacional de Ingeniería por la Universidad de Cádiz, Ingeniero en Computación por la Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador, Profesor de la Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas, Universidad. de Guayaquil, alfonso.guijarror@ug.edu.ec
2. Master Universitario en Modelado Computacional de Ingeniería por la Universidad de Cádiz, Ingeniero en Estadística Informática por la Escuela Superior Politécnica del Litoral, Ecuador, Profesor de la Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas, Universidad. de Guayaquil, lorenzo.cevallost@ug.edu.ec
3. Magister en Docencia y Gerencia en Educación Superior, Ingeniero en Sistemas Computacionales, por la Universidad de Guayaquil, Profesor de la Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas, Universidad. de Guayaquil, debora.preciadom@ug.edu.ec
4. Magister en Administración de Empresas por la Universidad de Guayaquil, Ingeniero en Sistemas Computacionales por la Universidad Católica Santiago de Guayaquil, Profesor de la Facultad de Ciencias Administrativas, Ecuador, bryan.zambranoman@ug.edu.ec

