

Microhuerto Automatizado con Tecnología IoT para Cultivo de Tomate

Semillero de AgroIngeniería

Alejandro Criado Sanguino, Estudiante, Ing. Javier Alberto Chaparro Preciado, Profesor de planta Universidad Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito

ÍNDICE

I. Introducción	1
II. Marco Teórico	1
III. Planteamiento del problema	1
IV. Información sobre el tomate	2
IV-A. Características de la planta de tomate . . .	2
IV-B. Ciclo de vida del cultivo del tomate . . .	2
V. Microhurto	3
VI. Subsistemas	3
VI-A. Medición de humedad del sustrato y riego	3
VI-B. Control de temperatura ambiente	4
VI-C. Medición de iluminación	5
VI-D. Control de humedad ambiente	5
VI-E. Captura de imágenes	5
VII. Diseño de PCB	5
VIII. Home assistant	6
<i>Resumen—The abstract goes here.</i>	
<i>Index Terms—Microhuerto, IoT, automatización, Sistema de Control, Seguridad Alimentaria, Home Assistant, ESP32.</i>	

I. INTRODUCCIÓN

Las familias pobres en Colombia gastan hasta un 80 % de sus ingresos en alimentos, son muy vulnerables cuando suben los precios de los mismos o si disminuyen sus ingresos. También son grandes consumidoras de alimentos baratos listos para el consumo. Los Microhuertos son soluciones para disponer de pequeños espacios de cultivos de productos agrícolas que generalmente permite abastecer de alimentos esenciales a las familias que los administran. Los Microhuertos ayudan a las familias pobres a diversificar su alimentación. También aumentan el acceso económico de las familias pobres a los alimentos. Esta solución está ganando seguidores gracias a la posibilidad de disponer de alimentos frescos y tener la trazabilidad de su proceso de cultivo.

La ingeniería electrónica tiene la capacidad de aportar a la agricultura urbana a obtener mejores resultados y ofrecer a

las familias una nueva alternativa para abastecer su mesa con alimentos de calidad y bajo costos.

En este trabajo dirigido se hace uso de tecnología de Internet de las cosas (IoT), sistemas de control de variables ambientales para automatizar Microhuertos para el cultivo de tomate.

II. MARCO TEÓRICO

III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En Colombia, las familias no cuentan con grandes espacios disponibles para tener un huerto y en las ciudades colombianas no se cuenta con un planeación estructural dedicada o direccionada a incentivar la agricultura urbana.

Teniendo en cuenta que el 80 % de la población del país vive en las ciudades se puede ver que la agricultura urbana y periurbana (AUP) es una actividad necesaria que trae beneficios para las familias que la practican y para el país brindando alimentos frescos y sanos, generando empleo, reciclando los residuos urbanos, creando cinturones verdes, reduciendo la huella ecológica de las ciudades, estimular las economías regionales y ser un suministro de alimentos en situaciones catastróficas.

La investigación “Ciudades más verdes en América Latina y el Caribe” de la FAO encontró que las mujeres son la fuerza motriz de la agricultura urbana en muchos países del mundo, especialmente los ubicados en el Caribe, en Bolivia, Colombia, Ecuador, Honduras y Nicaragua: el 90 % en Managua, el 86 % en Haití, el 70 % en la Ciudad de Belice, el 25 % en Quito, y el 81 % en Bogotá, según la investigación de Diego Rodríguez y Tomás León Sicard, profesor del Instituto de Estudios Ambientales de la Universidad Nacional de Colombia, en el capítulo “Agricultura urbana en Bogotá: adaptación cultural a los ecosistemas” del libro Alimentar las ciudades: territorios, actores, relaciones (2018).

Analizando la procedencia, edad y género, podría afirmarse que en Bogotá la agricultura urbana es practicada por mujeres campesinas, en su mayoría madres o abuelas (41 % y 42 %, respectivamente) que ingresaron a Bogotá de forma voluntaria o forzada debido a la violencia política, desplazamientos forzados que ocurrieron y ocurren en todo el territorio rural del país.

De acuerdo con la FAO citado en Méndez (2005), cuando la Agricultura Urbana se practica de manera apropiada, puede contribuir a la seguridad alimentaria de tres formas:

- Aumentando la cantidad de alimentos disponibles.

- Aumentando el grado de frescura de los alimentos que llegan a los consumidores urbanos.
- Ofreciendo oportunidades de empleo productivo.

Por ultimo se puede agregar a esta lista que un Microhuerto de 1 metro cuadrado puede producir: 200 tomates por año, 36 lechugas en dos meses o 100 cebollas cada 20 días logrando llevar estos alimentos que se cosechan directamente a la cocina.

El semillero de AgroIngeniería, adscrito al Programa de Ingeniería Electrónica de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, viene trabajando en la línea de sistemas automáticos para pequeños cultivos (Escuela Colombiana de Ingeniería, 2020). El objetivo del trabajo es por un lado impulsar la aplicación de nuevas tecnologías y aplicarlas a problemáticas relacionadas con el agro en el país, y por el otro, incentivar a los estudiantes de ingeniería a buscar soluciones a nuestros problemas locales y regionales; además de explorar nuevas oportunidades de negocio con componentes tecnológicos

IV. INFORMACIÓN SOBRE EL TOMATE

Las hortalizas se caracterizan por ser bajas en calorías, tener una composición de 80 % a 90 % de agua, tener un porcentaje alto de fibra, vitaminas y minerales. El tomate hace parte de las hortalizas en el subgrupo de clasificación frutos y de la familia solanáceas este subgrupo hace referencia a todas las hortalizas que se pueden aprovechar o comer en su totalidad exceptuando sus semillas, El fruto del tomate es una baya, de forma redonda, más o menos globosa o piriforme, de color generalmente rojo en la maduración.



Figura 1: Fotografía de un tomate.

Debido a sus propiedades nutritivas se ha demostrado que el tomate ayuda a la memoria, evita el cáncer del aparato digestivo y próstata y evita las infecciones en el sistema urinario.

	Color	Efectos en la salud	Componente bioactivo
	MORADO (ciruelas, arándanos, uvas moradas, rabanitos, berenjenas, cebolla morada)	<ul style="list-style-type: none"> • Retrasa el proceso de envejecimiento. • Evita la formación de células cancerígenas. • Evitan las enfermedades al corazón. 	Antioxidantes y fitoquímicos (antocianinas y compuestos fenólicos)
	ROJO (tomate, manzanas, pimiento rojo, ají rojo)	<ul style="list-style-type: none"> • Son antioxidantes. • Ayudan a la memoria. • Evitan el cáncer del aparato digestivo y de próstata. • Evitan infecciones en el sistema urinario 	Antioxidantes (Lycopenos, antocianinas) y fitoquímicos
	BLANCO (ajo, cebollas, coliflor, pera, uvas blancas, zapallo italiano)	<ul style="list-style-type: none"> • Disminuyen el colesterol y la presión arterial. • Protege de las enfermedades al corazón. • Disminuye el riesgo de contraer cáncer de estómago y de colon. 	Alicina, potasio

Figura 2: Propiedades del tomate.

IV-A. Características de la planta de tomate

Sí se analizan las características para sembrar el tomate se puede identificar lo siguiente:

- Raíz principal que puede alcanzar hasta 80 – 100 cm de profundidad
- Crecimiento determinado y de crecimiento indeterminado
- La floración del tomate se produce en forma de racimos simples o ramificados

IV-B. Ciclo de vida del cultivo del tomate

1. Plántula

Germinación: Las semillas de tomate para germinar requieren tres factores ambientales fundamentales: agua, temperatura y oxígeno.

- Humedad: 75 % aprox
- Temperatura: 20°C

Plantines

- Luz de 660 nm
- Humedad: 75 % aprox
- 25°C

2. Estado vegetativo

En este estado se presenta la acumulación y partición de materia seca

- Temperatura 18°C de noche y 25°C durante el día (acumulación)
- El mayor crecimiento del tallo se logra con temperaturas del aire de 30 o 35 C durante el día y 20 C de noche, siempre que la temperatura del suelo no sobrepase los 20 C (Partición)

3. Estado reproductivo

Se presenta la floración y establecimiento del fruto en esta etapa se requiere de:

- Intensidad lumínica constante durante 12 horas (foto-período largo)
- Temperaturas nocturnas deben ser superiores a 13°C,
- Temperatura diurna inferior a 35°C

4. Fructificación

Esta es la ultima etapa del ciclo de cultivo del tomate y es aquí donde se presenta el crecimiento del fruto

y partición de asimilados para esta etapa se deben mantener temperaturas superiores a los 25°C

V. MICROHUERTO

El microhuerto propuesto figura 3, es una estructura con aristas de tubo pvc de 1/2 pulgada que ofrece la resistencia necesaria para obtener la rigidez que se requiere y su cubierta es de un polímero transparente que permite el paso de la luz solar y funciona como aislante del entorno creando un volumen de espacio con las características mínimas para lograr hacer un control de temperatura y humedad del aire además de monitorias las variables que se requieren.



Figura 3: Microhuerto.

El microhuerto cuenta con subsistemas electrónicos para la medición de variables como la temperatura ambiente, humedad del aire, humedad del sustrato, iluminación y captura de imágenes.

VI. SUBSISTEMAS

VI-A. Medición de humedad del sustrato y riego

La humedad en el sustrato es de gran importancia y hace parte de las principales variables que afectan el crecimiento y desarrollo de una planta es por eso que se evalúa diferentes formas para realizar el riego a la planta buscando obtener el mejor resultado. Para este caso se consideran 2 maneras de realizar el riego:

1. Riego por aspersión: Consiste en aplicar agua al cultivo en forma de llovizna, si es bien aplicado se puede tener un rendimiento del 80% o más del uso del agua sin embargo, este método deja algunas gotas con sales sobre

el cultivo, lo que— genera, manchas necróticas cuando las sales se concentran en el borde de la hoja.

2. Riego por goteo: Consiste en suministrar el agua en forma de gotas que acceden a la zona radicular de cada planta sin embargo, las sales se concentran en la periferia del bulbo de riego, donde las raíces generalmente no están, en tanto los otros sistemas de riego concentran las sales en la superficie y en capas inferiores donde se produce una barrera para el crecimiento radicular. las raíces disponen de mayor oxigenación, por permitir una difusión del oxígeno con menor resistencia, desde los laterales del lomo de cultivo. Pero hay que tener en cuenta que estas ventajas asociadas al riego por goteo se pierden si los riegos son poco frecuentes y de períodos prolongados

Para el sistema se considera un mecanismo de on/off para la activación de una minibomba sumergible figura 4 que tiene una capacidad de elevación del agua de 40 a 110 Cm para una manguera de diámetro interior de 7,5 mm y un caudal de 80 a 120 (L/H).



Figura 4: Dimensiones de la minibomba usada.

Basándose en las necesidades de la planta de tomate inicialmente se programa el subsistema de riego con una lógica basada en el porcentaje de humedad censado en el sustrato esta medición se realiza cada 24 horas todos los días si la humedad se encuentra por encima del 75% se inicia un contador para medir la humedad cada hora hasta el momento donde la humedad sea inferior a este valor, cuando esto sucede se activa el riego de la planta hasta alcanzar entre el 85% y 90% de humedad y en este estado se reinicia la lógica de censar cada 24 horas. La medición del porcentaje de humedad se realiza con el sensor observado en la figura 5



Figura 5: Sensor capacitivo, anticorrosivo.

Por otra parte se propone realizar la fertilización del sustrato por medio del riego pero, para esta versión del sistema este proceso debe hacer manualmente

VI-B. Control de temperatura ambiente

Para el control de la temperatura ambiente del microhuerto se realiza la medición de la temperatura en dos puntos estratégicos del espacio interior del microhuerto para realizar un promedio de las dos temperaturas censadas y considerar el resultado del promedio como la temperatura a la que se encuentra la planta, esta medición se realiza con el modulo BMP280 figura 6 que cuenta con una precisión de $\pm 1^\circ\text{C}$ este sensor también ofrece una medición de la presión atmosférica que no consideramos para nuestra aplicación.

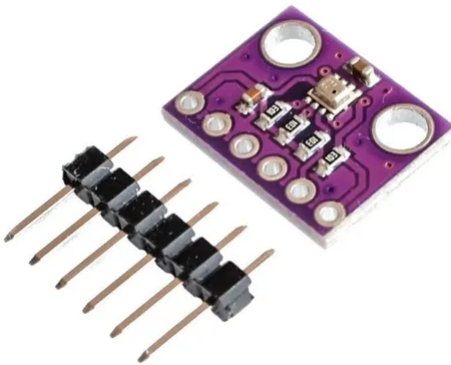


Figura 6: Modulo BMP280, temperatura y presión atmosférica.

La temperatura ambiente se controlara por medio de la radiación de calor que emiten dos bombillos incandescentes con potencia de 100 W. Para controlar el calor radiado por los bombillos se diseña un sistema de control por ángulo de fase para realizar la dimerización de la luminosidad que en consecuencia variara la potencia disipada en calor de los bombillos, para esto se realizan los siguientes cálculos:

1. Filtro RC para el Detector de Cruce por Cero

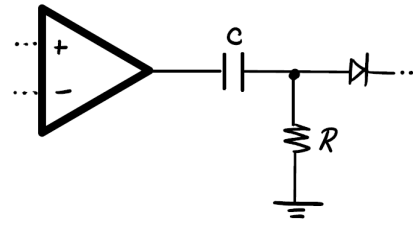


Figura 7: Filtro RC.

$$f_c = \frac{1}{2\pi R_c} \quad (1)$$

Se elige f_c 10 veces mayor a 60 Hz y se toma un capacitor de 100 nf.

$$R = \frac{1}{2\pi * 600\text{Hz} * 100\text{nf}} \approx 2,7\text{k}\Omega \quad (2)$$

2. Diseño de integrador

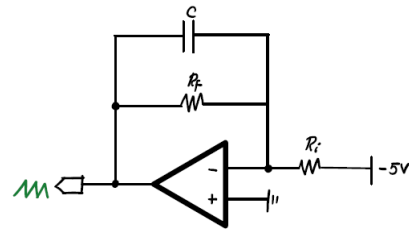


Figura 8: Integrador con op amp.

$$f_c = \frac{1}{2\pi * R_f * c} \quad (3)$$

Para asegurar que la salida del integrador sea una señal diente de sierra lineal se considera $F > 10f$ tomando $c = 100\text{nf}$

$$R_f = \frac{10}{2\pi * 60\text{Hz} * 100\text{nf}} \approx 270\text{K}\Omega \quad (4)$$

Sea A_v la ganancia del integrador

$$A_v = \frac{-R_f}{R_i * \sqrt{1 + 2\pi * R_f * C * F}} \quad (5)$$

se tiene que $f = 60\text{Hz}$, $C = 100\text{nf}$, $R_f = 270\text{K}\Omega$ se desea R_i con la consideración de una señal de entrada de -5V y se requiere que la señal de salida tenga un máximo de 3,3V así que se obtiene $\frac{-3,3}{5} = -0,66$

$$0,66 = \frac{270\text{K}\Omega}{R_i * \sqrt{1 + 2\pi * 60\text{Hz} * 100\text{nf} * 270\Omega}} \quad (6)$$

$$R_i \approx 100\text{K}\Omega$$

VI-C. Medición de iluminación

La iluminación es uno de los factores que más afecta en el desarrollo de una planta debido a su importante papel en el proceso de fotosíntesis entre otros, para esta versión del microhuerto se realiza una medición de la iluminación a la que se somete la planta con ayuda del modulo BH1750 figura 9 que cuenta con una precisión de 1 lux

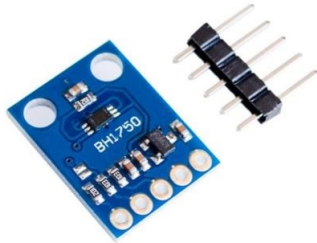


Figura 9: Modulo BH1750

VI-D. Control de humedad ambiente

La humedad relativa del ambiente se censa con ayuda del modulo ATH10 figura 10 que cuenta con una precisión de $\pm 2\%$ humedad relativa

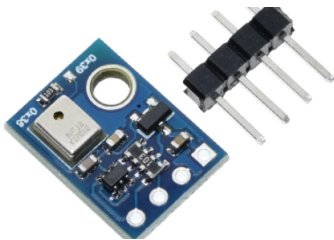


Figura 10: Modulo ATH10

Con la medición de la temperatura ambiente, humedad relativa y presión atmosférica se puede calcular el DPV "Déficit de Presión de Vapor" que es la cantidad de vapor de agua que se necesita en un determinado instante para saturar un espacio y este indicador es muy importante al momento de evaluar el crecimiento y desarrollo de una planta. La humedad relativa se controlara con ayuda de humidificadores ultrasónicos como el que se observa en la figura 11



Figura 11: Modulo humidificador ultrasónico

Con este humidificador se espera seguir la curva recomendada para el DPV que se observa en la figura 12

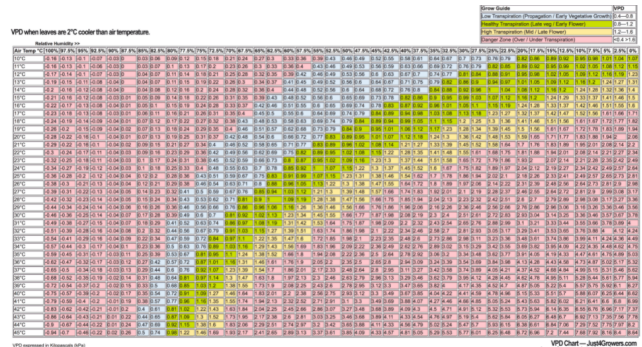


Figura 12: DPV según %HR y Temperatura

VI-E. Captura de imágenes

Teniendo en cuenta que se desea evolucionar el desarrollo del sistema del microhuerto y pensando en usar análisis de imágenes para detección del estado de la planta se quiere usar para esta versión una esp32-camp figura 13 que cumplirá el objetivo de capturar imágenes y almacenarlas para un posterior análisis en versiones futuras del sistema para el microhuerto.



Figura 13: ESP32-CAM

VII. DISEÑO DE PCB

Para el diseño de la PCB "Printed Circuit Board" se usa ALTIUM, es un paquete de software para el diseño electrónico

y de PCB's. Lo primero a diseñar es el modelo esquemático del sistema y este se puede observar en la figura 14

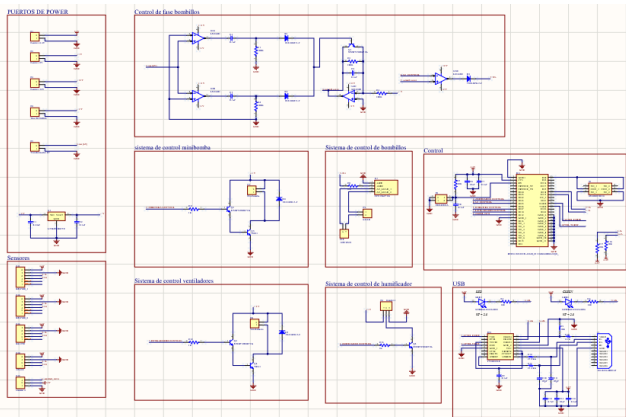


Figura 14: Modelo Esquemático del sistema

Después de verificar los diseños y valores de los componentes se procede a crear y la PCB que como resultado final queda con unas medidas de 10 *Cm* X 67 *cm* se obtiene la figura 15 y figura 16

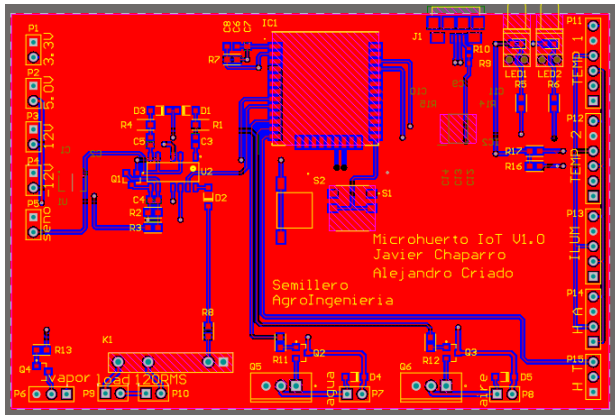


Figura 15: Modelo 2D

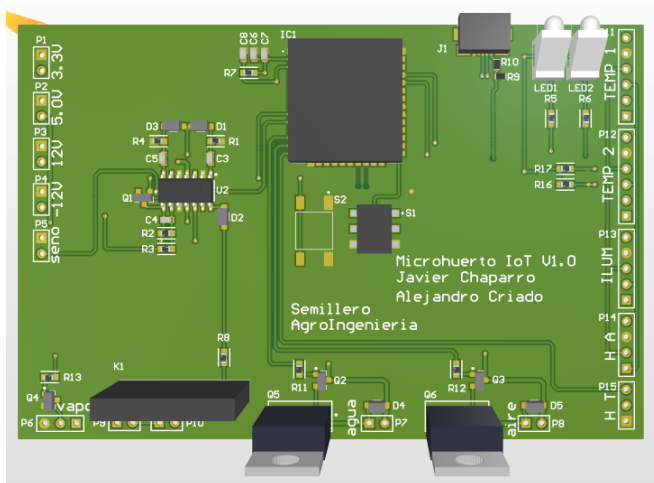


Figura 16: Modelo 3D

VIII. HOME ASSISTANT

Home Assistant es una plataforma que usa código open source que cuenta con su propio sistema operativo, este sistema operativo comúnmente se baja a una Raspberry Pi. Home Assistant basa su lógica de automatización con tres elementos:

- Trigger: hace el lanzamiento de la regla.
- Condition: condición a comprobar para que se ejecute la regla.
- Action: acción que realiza la regla.

Su interfaz esta basada en Material Design y permite crear diseños dinámicos según la necesidad, esta plataforma se diseño para la automatización de los hogares por medio de IoT.

Para este caso el sistema operativo de Home Assistant se descarga en una Raspberry Pi 4 serie B que se conecta a internet ya sea por protocolo Ethernet o WI-FI además se integra ESPHOME que es un framework (modulo software) para controlar los módulos ESP8266/ESP32 desde la interfaz gráfica de Home Assistant y archivos .YAML.

La interfaz o dashboard trabajado para la visualización y control de las variables es el mostradoe n la figura 17

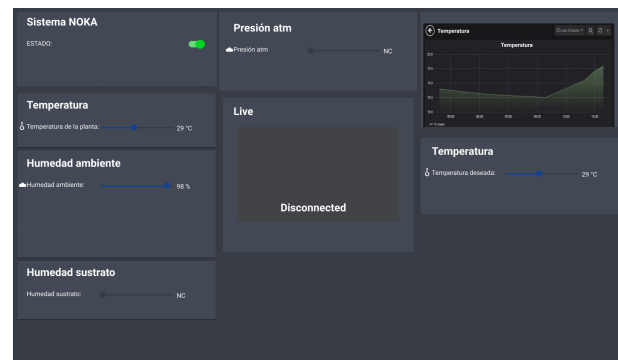


Figura 17: Dashboard Home Assistant