

DESARROLLO DE PROTOTIPO AUTOMATIZADO PARA EL MONITOREO DE VARIABLES DE LA COMPOSTERA DE LA TECNOACADEMIA NEIVA.

DEVELOPMENT OF AN AUTOMATED PROTOTYPE FOR MONITORING VARIABLES IN THE COMPOSER OF THE TECNOACADEMIA NEIVA

¹ Deiber Andrés Aldana Pulido

² Gabriela Manchola Reyes

² Daniel Santiago Polanco Reyes

Recibido: 24-07-2024

Aceptado: 22-10-2024

1. Ingeniero Electrónico, Tecnoacademia Neiva, Centro de la Industria, la Empresa y los Servicios. Facilitador Línea Ingeniería y Robótica. Grupo de investigación GIDESTH, Semillero MATROBINGS, Neiva, Colombia. Ingaldana569@gmail.com
2. Aprendiz, Tecnoacademia Neiva, Centro de la Industria, la Empresa y los Servicios. Semillero MATROBINGS, Neiva, Colombia. gabrielamanchola.reyes@gmail.com
3. Aprendiz, Tecnoacademia Neiva, Centro de la Industria, la Empresa y los Servicios. Semillero MATROBINGS, Neiva, Colombia. danielspolancor@gmail.com

Resumen

La investigación tiene como objetivo desarrollar un prototipo automatizado para el monitoreo de variables de la Compostera de la Tecnoacademia Neiva con IoT, donada por el Instituto Italo Latino Americano IILA, la cual tiene capacidad de producir 0,1 toneladas por mes de compost; pese que a que se trata de una compostera inteligente y que funciona con energía limpia proveniente del sol, algunas de sus tareas son manuales, tal es el caso del monitoreo de variables y la aspersión de agua para mantener controlada la humedad, tareas realizadas por aprendices encargados de su operación, esto puede causar que se induzcan errores humanos en el proceso de compostaje, lo cual puede provocar alteraciones en el proceso aeróbico de la materia orgánica, obteniendo un abono de menor calidad. El enfoque metodológico es de desarrollo experimental, para su ejecución se llevaron a cabo las siguientes fases: Indagación, Desarrollo de hardware y software, y Prototipado y validación. Como resultados se obtuvo la implementación de un sistema de monitoreo de humedad y temperatura de dos compartimientos de la compostera utilizando sensores y la tarjeta programable ESP32 que incorpora IoT mediante conexión Wifi en

tiempo real, la lectura de las variables se muestra a través de una pantalla LCD 16x2 de manera local y en la nube a través de una interfaz gráfica (dashboard) en la plataforma Arduino IoT Cloud; para el control de la humedad se implementó un sistema de riego activado por electroválvulas mediante un control ON – OFF. Con la implementación del prototipo se logró automatizar el proceso de monitoreo de variables y control de la humedad del compost, aumentando significativamente la calidad del compost preparado y reduciendo el trabajo de los aprendices operarios de la compostera.

Palabras claves: Compost, Compostera automatizada, Internet de las Cosas, Residuos orgánicos.

Abstract

The objective of the research is to develop an automated prototype for monitoring variables of the Neiva Tecnoacademia Composter with IoT, donated by the Italo Latin American IILA Institute, which has the capacity to produce 0.1 tons per month of compost; Although it is a smart composter and works with clean energy from the sun, some of its tasks are manual, such as monitoring variables and sprinkling water to keep humidity controlled, tasks carried out by apprentices. responsible for its operation, this can cause human errors to be induced in the composting process, which can cause alterations in the aerobic process of organic matter, obtaining a lower quality fertilizer. The methodological approach is experimental development, for its execution the following phases were carried out: Investigation, Hardware and software development, and Prototyping and validation. As results, the implementation of a humidity and temperature monitoring system for two compartments of the compost bin was obtained using sensors and the ESP32 programmable card that incorporates IoT through a Wi-Fi connection in real time, the reading of the variables is shown through a

screen 16x2 LCD locally and in the cloud through a graphical interface (dashboard) on the Arduino IoT Cloud platform; To control humidity, an irrigation system activated by solenoid valves was implemented through an ON – OFF control. With the implementation of the prototype, it was possible to automate the process of monitoring variables and controlling the humidity of the compost, significantly increasing the quality of the prepared compost and reducing the work of the apprentice composter operators.

Keywords: Compost, Automated composter, Internet of Things, Organic waste.

Introducción

Uno de los grandes problemas a nivel mundial es la gran cantidad de residuos que se generan diariamente, y muy pocos de estos llegan a ser reciclados, ya que las familias modernas están más relacionadas con la generación de basura que con la debida disposición final y reciclaje de esta (Sepúlveda-Cisneros et al., 2021). En Colombia, más del 60% de los residuos son orgánicos, y de estos, la mayoría tienen su disposición final en rellenos sanitarios, donde generan graves problemas ambientales y sociales (Golden Alba, 2022). A pesar de que en los últimos años se ha logrado mayor presencia de la educación ambiental en los entornos educativos formales (Garbarini et al., 2015), aún falta mucho trabajo para lograr un adecuado uso de los residuos, especialmente de los orgánicos que tienen gran potencial en la fabricación de abonos como el compost.

En el departamento del Huila, la inseguridad alimentaria afecta aproximadamente al 43% de los hogares (Beltrán Barragán, 2021). Para abordar esta problemática, la Gobernación del Huila, en alianza con el Instituto Italo Latino Americano (IILA) y el Servicio Nacional de Aprendizaje

(SENA), está liderando el proyecto “Huertas Familiares, Seguridad Alimentaria y Nutricional”. Este proyecto no solo busca fortalecer un modelo sostenible de huertas familiares, sino también desarrollar otras estrategias en la cadena de producción alimenticia, como la formación en habilidades técnicas en Ingeniería 4.0 a través de la Tecnoacademia Neiva y la producción de abonos orgánicos mediante la compostera donada por ILLA a la Tecnoacademia. Este tipo de iniciativas propician el desarrollo de la región y permiten que, mediante la tecnología, se pueda aumentar la productividad de los procesos que tradicionalmente se realizan de forma manual.

El objetivo de este proyecto es desarrollar un prototipo automatizado que permita monitorear variables en tiempo real y tomar decisiones informadas para asegurar que las diferentes etapas del proceso de compostaje se realicen sin contratiempos. En el Huila, la diversidad y extensión de la producción agrícola se ven afectadas por las constantes alzas en los insumos agropecuarios. Según el Ministerio de Agricultura, los precios de estos insumos aumentaron un 95% entre mayo de 2021 y abril de 2022 (BluRadio, 2022), lo cual ha causado pérdidas y desmotivación en el sector agrícola. Adicionalmente, la generación de residuos orgánicos no está siendo aprovechada adecuadamente para la producción de abonos ecológicos y de bajo costo. La falta de separación en la fuente de residuos dificulta el reciclaje y provoca un aumento en la liberación de gases de efecto invernadero, así como la contaminación de fuentes hídricas debido a los lixiviados (Estrada-Ortiz et al., 2019).

El proyecto “Agricultura y Turismo Sostenible para la Consolidación de la Paz en Colombia”, liderado por la Gobernación del Huila, ILLA y el SENA, incluye la estrategia “Huertas Familiares Huila, Seguridad Alimentaria y Nutricional”

que promueve la producción sostenible de alimentos y la formación en habilidades técnicas. La donación de una compostera ecológica a la Tecnoacademia Neiva por parte de ILLA busca apoyar la producción de compost para las huertas y contribuir a la soberanía alimentaria del departamento. Sin embargo, aunque la compostera es autónoma en consumo energético y mantiene controlado el oxígeno, el monitoreo de temperatura y humedad aún se realiza manualmente, lo que puede inducir errores y afectar la calidad del compost.

Metodología

El presente proyecto se rige por una investigación de desarrollo experimental para la automatización en el proceso de monitoreo de variables de la compostera de la Tecnoacademia Neiva. Para obtener las bases conceptuales en el tema se consultaron fuentes de información secundaria como referencias en repositorios, buscadores y bases de datos académicos como Google scholar, Scielo, ProQuest, ScienceDirect y en general contenidos digitales encontrados en internet. Así mismo, se realizaron entrevistas para recolectar información de fuentes primarias. Para lograr el objetivo general del proyecto se trazaron cuatro fases fundamentales, cada una de estas compuesta por una serie de actividades que se detallan a continuación:

1. Indagación:

- Consultar en bases de datos el estado del arte
- Aplicar entrevistas y encuestas a fuentes primarias de información
- Preparar compost a partir de residuos orgánicos.

2. Desarrollo de hardware y software

- Realizar modelado 3D de la compostera de la

Tecnoacademia Neiva en TinkerCad.

- Realizar pruebas de funcionamiento a diferentes sensores para el monitoreo de variables.
- Integrar componentes electrónicos para la correcta operación del prototipo.
- Determinar el uso de tarjetas programables.
- Desarrollar algoritmos para la implementación de IoT.

3. Prototipado y validación

- Diseñar e implementar circuitos impresos para el desarrollo del prototipo
- Diseñar piezas en 3D necesarias para la instalación del prototipo en la compostera.
- Realizar pruebas de validación.

Resultados

Indagación

Para obtener información detallada del proyecto e identificar la problemática sobre el compost y la compostera de la Tecnoacademia Neiva, se diseñaron instrumentos de recolección de datos, consistentes en tres entrevistas y una encuesta. Las entrevistas fueron aplicadas a fuentes primarias de información como se muestra en la figura 1; así mismo, la encuesta fue aplicada de manera virtual mediante un formulario de Google a 111 personas, las cuales hacen parte de manera directa o indirecta de la población de la Tecnoacademia Neiva, siendo una muestra representativa de la población de la ciudad.



a)



b)

Figura 1. Aplicación de entrevistas a fuentes primarias. a) Ingeniero Diego Ramírez, CEO de Golden Alba. b) Ingeniero John Álvarez, Dinamizador Tecnoacademia Neiva.

Mediante el ejercicio de aplicación de las entrevistas se logró evidenciar la misión y visión de la compostera, la cual ofrece una solución tecnológica a la contaminación ambiental que generan los residuos, para ello se buscó generar prototipos capaces de transformar esos residuos orgánicos en compost, abono para la tierra y para las plantas (Ramírez Rojas, 2023).

El proceso de creación del compost el cual es el resultado del compostaje (Rojas Basto, 2023) se elabora separando los residuos orgánicos de los inorgánicos reciclados y ordinarios o la llamaba basura, después de tener todos estos residuos separados procedemos a mezclarlos con otros residuos orgánico, obteniendo materiales secos, húmedos y estructurantes, a su vez se está incentivando a los aprendices que traigan estos tipos de desechos, para evitar que terminen en rellenos sanitarios generando así gases de efecto invernadero (Álvarez Rosario, 2023), todo esto lo agregamos a la compostera donde ocurre la transformación de residuos a compost, a través de la inyección de oxígeno que hacemos mediante las turbinas potenciadas con energía solar, con ese aporte de oxígeno y monitoreo de temperatura y otras variables, los microorganismos se encargan de hacer su trabajo de forma optimizada, dándoles condiciones ideales para que empiecen a degradar esa materia y la empiezan a transformar en compost.

Se trabaja en 3 fases, la bio oxidativa de degradación rápida, que se trabaja en el primer mes, la fase de estabilización, donde la temperatura comienza a nivelarse hasta una temperatura ambiente, como última fase tenemos la de maduración, se forman ácidos únicos y fúlvicos obteniendo así un producto de calidad superior (Ramírez Rojas, 2023).

Por otro lado, la aplicación de la encuesta permitió conocer las opiniones de la comunidad frente a la disposición final de residuos orgánicos y la producción de compost, el 60%

de la comunidad tienden a preocuparse por la cantidad de residuos utilizados en sus hogares o trabajo, pero el 65% no utilizan estos los residuos orgánicos para generar compost, esto es un problema ya que significa que todos estos desechos terminan en rellenos sanitarios perjudicando la salud de los habitantes, se descubrió que el 77% de las personas no han generado, ni preparado compost en lo largo de su vida, con esto podemos deducir que todos los desechos que ellos han generan terminan en los rellenos sanitarios, el 83% de la comunidad cuanta con la motivación necesaria para aprender sobre el compost y su preparación.

Desarrollo De Hardware Y Software

Teniendo en cuenta las características de la compostera de la Tecnoacademia Neiva y las mediciones obtenidas en la visita de reconocimiento, se usó la herramienta de diseño 3D de la plataforma Tinkercad para realizar el modelado 3D de este prototipo a escala como se muestra en la figura 2.

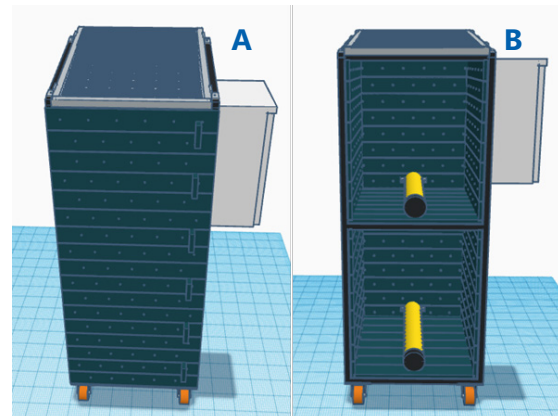


Figura 2. Modelado de la compostera de la Tecnoacademia Neiva. A) Vista externa. B) Vista interna.

El proceso de compostaje requiere el constante monitoreo de variables como la temperatura

y humedad del compost para que los microorganismos se desarrollen de manera adecuada, se agilice la descomposición de los residuos (Rojas Basto, 2023) y se obtenga un producto de calidad superior (Ramírez Rojas, 2023), por esta razón, inicialmente se utilizaron los sensores de Ph, humedad del suelo y temperatura del suelo que vienen incluidos

con la compostera, los cuales son de principio de funcionamiento analógico y no permiten guardar un registro de las lecturas, siendo un proceso manual y desgastante por parte de los aprendices encargados de llevar el registro de estas variables. En la figura 3 se muestra el proceso de lectura de las variables utilizando los sensores analógicos de la compostera.



orgánicos. A) sensores analógicos. B) registro de variables de forma manual.

Durante un periodo de siete semanas se llevó el registro de las variables usando los sensores analógicos con una periodicidad de dos días a la semana, los resultados se muestran en la tabla 1.

Fecha	Variables			Observaciones
	Temperatura (°C)	Humedad (%)	P H	
11/04/2023	3	70	7	dia 0, se prepara el compost
13/04/2023	0	40	7	Se agrega agua y la humedad queda en 80
18/04/2023	4	30	7	Se agrega agua y la humedad queda en 90
20/04/2023	8	70	7	Se agrega agua y la humedad queda en 80
25/04/2023	5	100	7	
27/04/2023	5	0	7	
2/05/2023	33	0	7	Se agrega agua y la humedad queda en 100
4/05/2023	34	0	7	
9/05/2023	35	0	7	
16/05/2023	33	0	7	Se agrega agua y la humedad queda en 100
19/05/2023	30	0	7	
23/05/2023	31	0	7	
25/05/2023	30	0	7	

Tabla 1. Registro de variables de forma manual.

Como se observa en la tabla 1, los primeros días de preparación del compost se evidencia un aumento significativo de la temperatura, y luego de 5 semanas se estabiliza a la temperatura ambiente. Además, se pueden observar las tres etapas en el proceso de compostaje aerobio, que son: la mesófila, la termófila y la de enfriamiento. En cuanto a la humedad, cada vez que disminuye por debajo del 60% se agrega agua de forma manual.

Mientras que el pH se mantuvo constante en 7, siendo un valor adecuado para la preparación del compost. Como desventaja del uso de estos sensores se tiene la baja resolución y alto tiempo de respuesta, así como su principio de funcionamiento analógico y la dependencia de una persona que registre los valores, que para el caso del proyecto solo se podía hacer dos veces a la semana, causando la pérdida significativa de información.

Teniendo en cuenta las desventajas del uso de los sensores de la compostera, se realizaron pruebas de funcionamiento, programación y desempeño de diferentes sensores para el monitoreo de temperatura y humedad en tiempo real, utilizando inicialmente la tarjeta programable Arduino UNO R3. En la tabla 2 se muestra la comparación de los sensores utilizados para la medición de la temperatura, mientras que en la tabla 3 se muestra la comparación de desempeño de diferentes pruebas realizadas a sensores de humedad del suelo.

Parámetros	Sensores			
	LM35 D	HT11 T	ERMISOR NTC	DS18B20
Rango de medición	-55 a 150 °C 0	a 50 °C -	40 a 120 °C	-55 a 125 °C
Precisión	✗	✓	✓	✓
Estabilidad	✗	✓	✓	✓
Tiempo de respuesta	✓	✗	✓	✓
Durabilidad	✓	✗	✓	✓
Costo	\$ 9,000	\$ 9,000	\$ 7,000	\$ 10,900
Compatibilidad con Arduino	✓	✓	✓	✓
Tipo de señal de datos	Análogo	Digital	Análogo	Digital

Tabla 2. Comparación y evaluación de los sensores de temperatura.

Teniendo en cuenta los resultados mostrados en la tabla 2, se logró determinar que el sensor que mejor se adapta a las necesidades de medición de la temperatura en el proceso de compostaje es el DS18B20, ya que ofrece un amplio rango de medición, alta precisión, estabilidad, tiempo de respuesta rápido, se puede usar sumergido en tierra y es de bajo costo, además se comunica mediante el protocolo digital 1-wire, lo que permite transmitir información de varios sensores utilizando un solo bus de datos, es decir, un solo pin digital de la tarjeta programable.

Parámetros	Sensores			
	LM35 D	HT11 T	ERMISOR NTC	DS18B20
Rango de medición	-55 a 150 °C 0	a 50 °C -	40 a 120 °C	-55 a 125 °C
Precisión	✗	✓	✓	✓
Estabilidad	✗	✓	✓	✓
Tiempo de respuesta	✓	✗	✓	✓
Durabilidad	✓	✗	✓	✓
Costo	\$ 9,000	\$ 9,000	\$ 7,000	\$ 10,900
Compatibilidad con Arduino	✓	✓	✓	✓
Tipo de señal de datos	Análogo	Digital	Análogo	Digital

Tabla 3. Comparación y evaluación de los sensores de humedad.

En cuanto a los resultados mostrados en la tabla 3, se puede observar que el sensor más adecuado para hacer un monitoreo de la humedad del compost es la sonda resistiva YL-69, la cual ofrece alta resolución, precisión, estabilidad, tiempo de respuesta rápido, sin embargo, también se concluye que, debido a su principio de funcionamiento resistivo, se puede oxidar disminuyendo su vida útil, aun así, es la más apropiada para el desarrollo del proyecto.

Teniendo en cuenta que el proyecto requiere la incorporación de Internet de las Cosas para el tratamiento, transmisión y visualización de los datos, se realizaron pruebas de funcionamiento y desempeño con diferentes tarjetas que permiten la conexión a internet para la transmisión de datos, los resultados obtenidos se resumen en la tabla 4.

Parámetros	Tarjetas IoT		
	Shield Ethernet W5100	NodeMCU V3 ESP8266 E	SP32
Nº núcleos	N/A	Single core	Dual core
Velocidad	N/A	80Mhz (hasta 160 Mhz)	160 MHz (hasta 240 MHz)
Protocolo de comunicación	Ethernet	802,11 b/g/n (2,4 Ghz)	802,11 b/g/n (2,4 Ghz)
Velocidad de conexión	10/100 Mbps H	asta 72,2 Mbps h	asta 150 Mbps
Bluetooth	No N	o	Si
GPIO (utilizables)	Mismos del Arduino UNO menos los pines 11, 12 y 13	17 3	6
ADC	Mismos del Arduino UNO 1	(10 bits) 1	8 (12 bits)
I2C	Mismos del Arduino UNO 1	2	
1-Wire	Mismos del Arduino UNO	Implementado por software	Implementado por software
Costo	\$ 85.000 \$	20.000 \$	27.000
Slot SD	Si	No N	o
Sensor de temperatura	No N	o	Si
Sensor de efecto hall	No N	o	Si
Sensor touch	No N	o	Si

Tabla 4. Comparación y evaluación de tarjetas para la aplicación de Internet de las Cosas.

Según los requerimientos de hardware del proyecto, la única que cumple con las especificaciones técnicas es la ESP32, ya que tiene una amplia gama de pines GPIO lo que permite conectar varios sensores análogos y digitales, se conecta a internet mediante el protocolo Wifi 802,11 b/g/n (2,4 Ghz) y está dentro de un rango considerable de bajo costo.

Además de realizar monitoreo de las variables, es importante automatizar el proceso de riego del compost, para eso se usaron dos electroválvulas de 12V para activar o desactivar el paso de agua hacia los compartimientos de la compostera. En la figura 4 se muestra el diagrama de bloques del prototipo final implementado para el monitoreo de variables y control del riego.

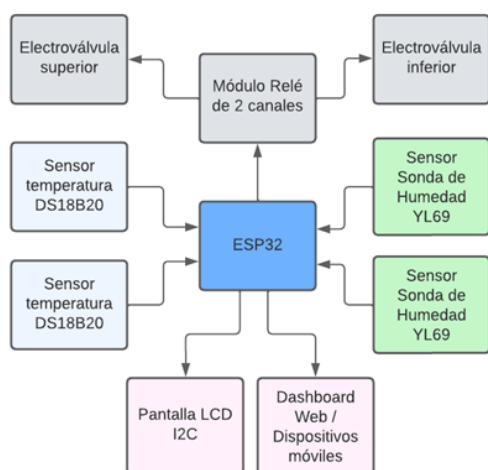


Figura 4. Diagrama de bloques de prototipo final.

Prototipado Y Validación

Para el diseño del circuito impreso se usó la plataforma libre Flux AI, la cual funciona en el navegador web con una conexión estable a internet, incorpora inteligencia artificial, para la simulación de circuitos electrónicos y diseño de circuitos impresos (PCB), como resultado se obtuvo el diseño del PCB mostrados en la figura 5; posteriormente se creó el PCB usando una

ruteadora CNC Bungard y luego se soldaron los componentes electrónicos.

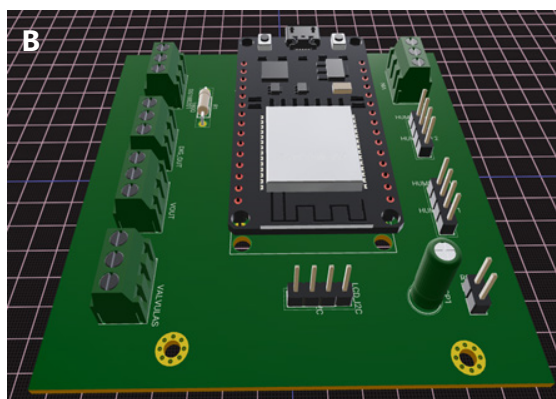
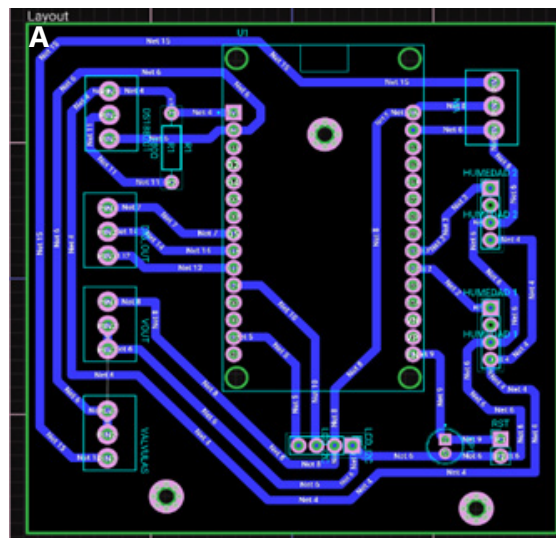


Figura 5. Diseño de PCB. A) Pistas del PCB. V) Vista en 3D

Teniendo en cuenta que los componentes electrónicos de la figura 4 y el PCB de la figura 5 requieren salvaguardarse del polvo y las altas temperaturas, además de tener una correcta conexión entre sus terminales para evitar fallas por falsos contactos, se hizo necesario desarrollar una carcasa protectora para estos elementos. En la figura 6 se muestra el diseño de las carcasas.

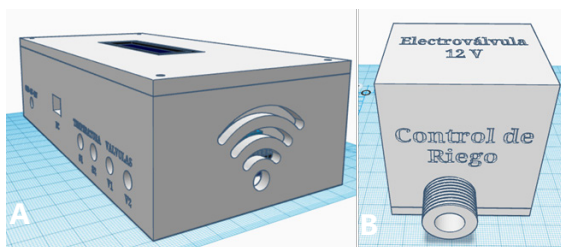


Figura 6. Diseño 3D de carcasas. A) Carcasa principal. B) Carcasa de electroválvula

Finalmente, se realizó el ensamble de todos los componentes y el prototipo se situó al interior del tablero de control de la compostera, de donde se alimentó de 5V para la electrónica del circuito y 12V para activar las electroválvulas, provenientes del sistema de energía solar fotovoltaica incluido en la compostera; así como se ubicaron los sensores en sus respectivos compartimientos, y se hicieron las conexiones hidráulicas en tubería PVC. Además, se instaló un panel de control con dos pulsadores normalmente cerrados (NC) para el control del riego de los dos compartimientos de la compostera de forma manual si se llega a requerir. Lo anteriormente descrito se muestra en la figura 7.



Figura 7. Prototipo de monitoreo de variables y control de riego. a) Sistema de control. b) conexiones en PVC para el riego del compost

Para realizar la validación del prototipo funcional se hizo una nueva preparación de compost en los dos compartimientos de la compostera y se instalaron los respectivos sensores de temperatura y humedad en ambos compartimientos, posteriormente se habilitó una red Wifi a la cual se conectó la tarjeta ESP32 y se logró el envío de datos a la nube, donde se mostraron a través de la interfaz gráfica mostrada en la figura 8. En cuanto al riego del compost, se programó para que se active en cada compartimiento si la humedad registrada es inferior al 60%, de igual manera se validó el correcto funcionamiento de la activación manual del riego a través del panel de control manual.

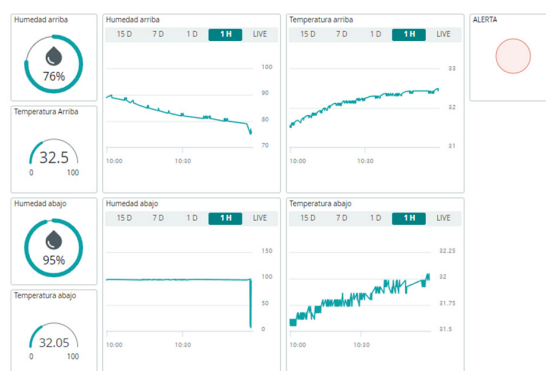


Figura 8. Registro y visualización de datos en Dashboard de la plataforma Arduino IoT Cloud

Los datos registrados por el prototipo permitieron conocer en tiempo real y de manera remota las condiciones de la preparación del compost, disminuyendo el trabajo directo humano y haciendo que el proceso sea más autónomo y que el compost preparado sea de mejor calidad.

Conclusiones

- El análisis de los factores que influyen en la producción de compost a partir de residuos orgánicos ha proporcionado una comprensión más profunda de este proceso. Esto permitirá tomar decisiones más informadas para mejorar la calidad y la eficiencia de la producción de compost.
- La aplicación de sensores industriales de bajo costo demostró ser una estrategia eficaz para el monitoreo de variables clave en el proceso de compostaje. Esto ha aumentado la precisión y la confiabilidad del seguimiento de las condiciones del compost.
- El desarrollo de algoritmos para la implementación del Internet de las Cosas (IoT) permitió automatizar los procesos de recolección, tratamiento y visualización de datos de variables monitoreadas en tiempo real, mejorando la capacidad de seguimiento y análisis de los datos del proceso de compostaje.
- La validación exitosa del monitoreo de variables en tiempo real a través de IoT confirmó la eficacia de esta tecnología en la mejora de la gestión del proceso de compostaje. Esto proporcionó una base sólida para la toma de decisiones informadas y la optimización continua del proceso, además de reducir la carga de trabajo manual.

Referencias

- Álvarez Rosario, J. F. (2023). Entrevista Dinamizador Tecnocademia Neiva.
- Beltrán Barragán, F. (2021). Huertas familiares Huila, una realidad. <https://www.lanacion.com.co/huertas-familiares-huila-una-realidad/>
- BluRadio. (2022). Preocupa el alto precio de los fertilizantes y plaguicidas: Defensoría del Pueblo. <https://www.bluradio.com/economia/preocupa-el-alto-precio-de-los-fertilizantes-y-plaguicidas-defensoria-del-pueblo-rg10>

- Estrada-Ortiz, E., Gamboa-Salas, T., Szternberg, D., & Warrin-Browxn, A. (2019). BIOCOT, diseño de una solución eco amigable e inteligente para el manejo de residuos orgánicos en el hogar. *Revista IDI+*, 2(2), 22–31. <https://doi.org/10.18845/RIDIP.V2I2.4914>
- Garbarini, R. W., Gaspes, E., Cigliuti, P., Saavedra Martínez, P., Pollo Cattaneo, M. F., Macri, M., & Osuna, G. (2015). Propuesta de Sistema de Composteras Inteligentes como instrumentos de educación ambiental. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/46321>
- Golden Alba. (2022). Golden Alba Brochure.
- Ramírez Rojas, D. F. (2023). Entrevista CEO Golden Alba.
- Rojas Basto, L. (2023). Entrevista facilitadora de Biotecnología Tecnoacademia Neiva.
- Sepúlveda-Cisneros, O., Acevedo-Juárez, B., Saldaña-Durán, C. E., Castro, W., De-la-Torre, M., Avila-George, H., Sepúlveda-Cisneros, O., Acevedo-Juárez, B., Saldaña-Durán, C. E., Castro, W., De-la-Torre, M., & Avila-George, H. (2021). Desarrollo de un sistema embebido para un compostero doméstico inteligente. *RISTI - Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informação*, 2021(41), 112–129. <https://doi.org/10.17013/RISTI.41.112-129>

