

“SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS CON APLICACIÓN IOT PARA EL EQUILIBRIO DEL AIRE EN CONTACTO CON GRANOS DE CACAO”

STEPHANIE PERAZA-ALPÍZAR¹, GUILLERMO A. VARGAS-ELÍAS²
BRYAN J. BADILLA-MENA³, OSCAR DURAN-GAMBOA⁴, ROY
GAMBOA-FUENTES⁵, MATÍAS CHAVES-HERRERA⁶

¹ Estudiante de Ingeniería Agrícola y de Biosistemas. Universidad de Costa Rica. stephanie.peraza@ucr.ac.cr

² D. Sc., Ing. Agrícola. CIGRAS - U.C.R.

³ Bach., Estudiante de Agronomía, U.C.R.

^{4,5} Estudiante de Ingeniería Agrícola y de Biosistemas. Universidad de Costa Rica.

⁶ M. Sc., Ing. Agrícola. Profesor. Universidad de Costa Rica.

Apresentado no
LII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2023
18 a 21 de outubro de 2023 – Ribeirão Preto - SP, Brasil

RESUMEN: Los granos de cacao son sensibles a las condiciones de almacenamiento, siendo la humedad relativa uno de los factores críticos para conservar su calidad. El objetivo de este trabajo fue implementar un sistema de adquisición de datos con aplicación IoT para el registro de las condiciones durante el almacenamiento de granos de cacao. Se utilizó un sensor de temperatura y humedad relativa de bajo costo y alta precisión, el cual está conectado a un microcontrolador ESP32 que transmite los datos a una plataforma para su visualización. Los granos de cacao fueron secados a 40 °C y luego colocados en recipientes herméticos con sensores. Se observó que el aire en contacto con la superficie de los granos alcanzó el equilibrio higroscópico en 11 h. El perfil de temperatura y de humedad relativa fueron ajustados adecuadamente a funciones exponenciales decrecientes con coeficientes de determinación mayor que 0,95. El sistema IoT implementado permitió la medición de la temperatura y humedad relativa del aire en contacto con los granos de cacao.

PALABRAS CLAVE: microcontrolador, ESP32, humedad relativa.

DATA ACQUISITION SYSTEM WITH IOT APPLICATION FOR AIR BALANCE IN CONTACT WITH COCOA BEANS.

ABSTRACT. The cocoa beans are sensitive to storage conditions, with relative humidity being one of the critical factors to preserve their quality. The objective of this work was to implement a data acquisition system with an IoT application to record the conditions during the storage of cocoa beans. A low cost and high precision temperature and relative humidity sensor was used, which is connected to an ESP32 microcontroller that transmits the data to a platform for visualization. The cocoa beans were dried at 40 °C and then placed in hermetic containers with sensors. It was observed that the air in contact with the surface of the grains reached hygroscopic equilibrium in 11 h. The temperature and relative humidity profiles were adequately adjusted to decreasing exponential functions with coefficients of determination greater than 0.95. The implemented IoT system allowed the measurement of the temperature and relative humidity of the air in contact with the cocoa beans.

KEYWORDS: microcontroller, ESP32, relative humidity

INTRODUCCIÓN: Los granos de cacao son esenciales en la cadena de producción del chocolate. En este proceso, existen puntos críticos que deben ser controlados para potenciar y mantener la calidad de los productos derivados (DELGADO-OSPINA et al., 2020; NURHAYATI & APRIYANTO, 2021; WAHYUNI et al., 2021). El almacenamiento de los granos secos es un punto crítico que debe ser controlado para mantener la calidad y evitar el deterioro de los granos. El registro en línea de los datos mediante dispositivos como computadoras y celulares, permiten monitorear en tiempo real las condiciones de almacenamiento. Esto mejora la toma de decisiones, al garantizar el registro apropiado de los datos de interés. Los microcontroladores son circuitos integrados programables que permiten conectar sensores para la lectura de datos, actuadores (PALACIOS et al., 2004), el registro remoto de datos y la automatización de procesos. El ESP32 es un chip SoC de bajo costo y consumo de energía, está compuesto por un microcontrolador de 32 bits con wi-fi y bluetooth integrados (BURGOA, 2021). Esta herramienta permite crear aplicaciones de IoT (internet de las cosas) que involucran desde sensores hasta tareas más demandantes como decodificadores de voz. El DHT21 es un sensor digital de temperatura y humedad de bajo costo, el cual integra un sensor capacitivo de humedad y un termistor para medir las condiciones del aire que lo rodea. Este se compone de tres cables que corresponden a alimentación (3-5V), tierra y pin de datos (DHT21 AM2301 Temperature & Relative Humidity Sensor Module: Micro JPM, s/f). El objetivo de este trabajo fue implementar un sistema de adquisición de datos con aplicación IoT para el registro de condiciones durante el almacenamiento de granos de cacao.

MATERIALES Y MÉTODOS: Los granos utilizados fueron de la variedad Talamanqueña cultivada en Upala en zona Norte de Costa Rica, estos granos fueron fermentados durante 6 días y luego secados con un flujo de aire horizontal en a 40 °C hasta alcanzar una humedad de 7 %. Las muestras se colocaron en tres recipientes herméticos de vidrio de 550 mL, con sensores DHT21 AM2301 que envían datos de tiempo, humedad relativa y temperatura, los cuales trabajan en un rango de temperatura de -40 a 80 °C y de humedad relativa de 0 a 100 %, con incertidumbres de $\pm 0,5$ °C y $\pm 3\%$ respectivamente. El sensor lee los datos y envía los datos a un microcontrolador ESP32 TTGO-T-Display, que se encarga de procesar los datos y enviarlos a la plataforma Arduino IoT cloud. Donde se establece una frecuencia de lectura de datos de 60 s y se diseña un “*dashboard*” para visualizar los datos en tiempo real desde una computadora hasta una aplicación móvil (figura 1).

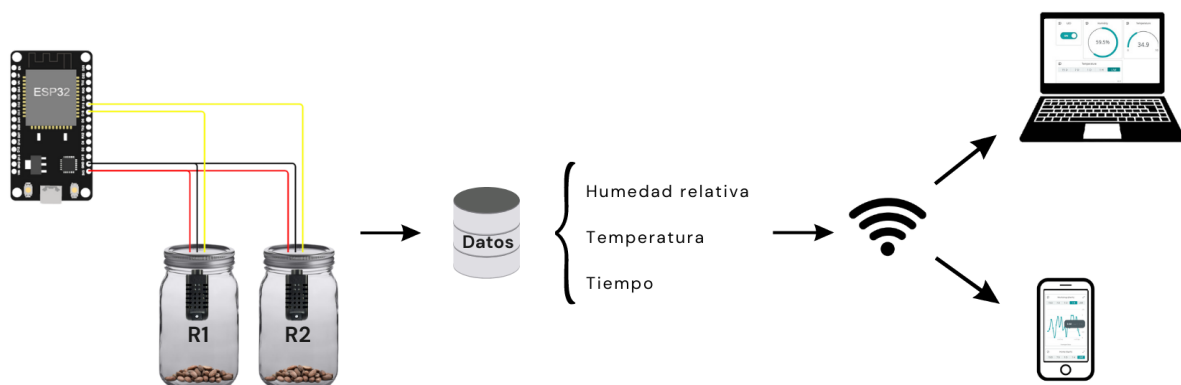


FIGURA 1. Diagrama del sistema de adquisición y transmisión de datos en línea.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN:

En la figura 2 se presenta una tendencia exponencial decreciente en la cinética de equilibrio de dos muestras de granos de cacao talamanqueña almacenadas en una cámara de refrigeración, las cuales alcanzan el equilibrio higroscópico en 11 horas. Además, se observan saltos con oscilaciones de $\pm 0,5\%$ cada 95 min que coinciden con las variaciones en la temperatura que se presentan en la figura 2b. Esto corresponde al efecto del ciclo de enfriamiento del termostato, que activa y desactiva el compresor cuando se alcanza el nivel de temperatura deseado (OROZCO-CUAUTLE, 2014).

Se observó que durante cuatro horas no se presentaron datos producto de la falta de energía eléctrica que impidió el acceso a la red para transferir los datos a la nube. Cabe destacar que el ESP32 utiliza la nube para el almacenamiento de datos pues posee una memoria para el almacenamiento de datos de 520 Kb.

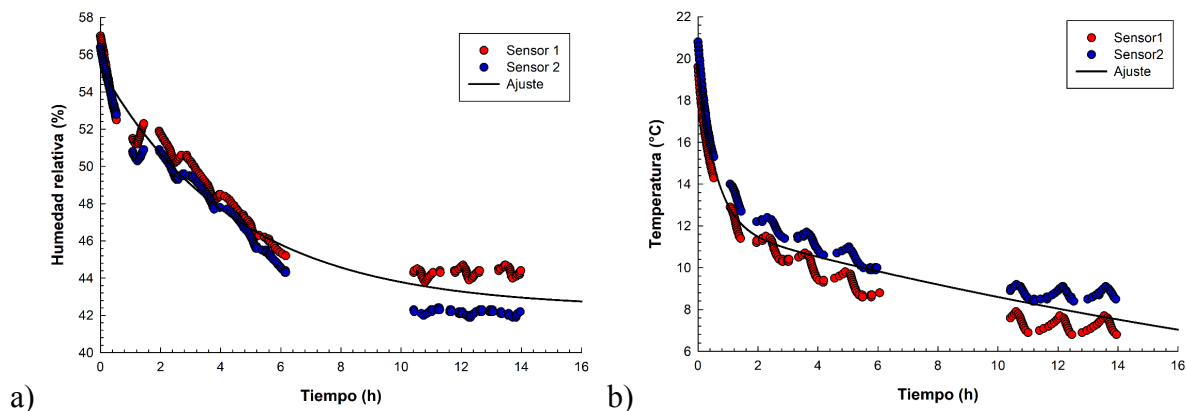


FIGURA 2. Cinética de equilibrio del aire higroscópico (a) y térmico (b) en contacto con granos de cacao provenientes del secado a 40 °C.

Las curvas de mejor ajuste para la cinética de equilibrio higroscópico y térmico son curvas exponencial decreciente como la ecuación 1 y 2, respectivamente. Además, se observa que los coeficientes de determinación (R^2) de 0,9569 y 0,9627 con el error estándar estimación de 0,8771 y 0,7089, respectivamente.

$$HR(t) = 42,3744 + 12,9363 * \exp(-0,2214 * t) \quad (1)$$

$$T(t) = 7,7497 * \exp(-1,7256 * t) + 12,0098 * \exp(-0,0334 * t) \quad (2)$$

Donde

HR = humedad relativa (%),

T = temperatura (°C),

t = tiempo (h).

El objetivo de la preservación de los granos es almacenarlos secos y fríos, en la figura 3 se observa que las condiciones de temperatura y humedad relativa tienden a estabilizarse. El modelo matemático puede predecir el tiempo que se requiere hasta alcanzar la temperatura de almacenamiento que normalmente se establece en la cámara fría.

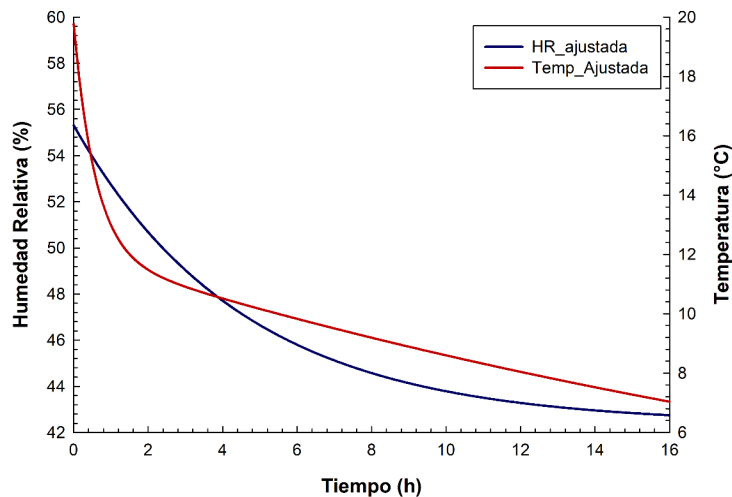


FIGURA 3. Variación de la temperatura y la humedad relativa durante el almacenamiento. Los granos de cacao fueron tratados preliminarmente con aire caliente y secados por 6 días, se desconoce su distribución interna de temperatura y contenido de humedad; con los resultados de esta investigación se recomienda un reposo de 11 h, así se garantiza el equilibrio térmico e higroscópico y un grano con propiedades isotrópicas para su posterior análisis. Los avances en tecnologías IoT han permitido una mayor accesibilidad técnica y eficiencia en la transferencia de datos y en las aplicaciones.

CONCLUSIONES: El sistema de adquisición de datos implementado fue efectivo en la medición de la transferencia de temperatura y humedad relativa del aire en contacto con los granos de cacao.

AGRADECIMIENTOS: A la empresa colaboradora Colibrí Organic Chocolates y a Christian Silva, productor de la subvariedad talamanqueña Upaleña.

REFERENCIAS:

- DELGADO-OSPINA, Johannes et al. Effect of fermentation, drying and roasting on biogenic amines and other biocompounds in Colombian criollo cocoa beans and shells. **Foods**, v. 9, n. 4, 2020.
- NURHAYATI, Nurhayati e APRIYANTO, Mulono. Sensory evaluation of chocolate bar production materials of dry cocoa seeds in various fermentation treatments. **Czech Journal of Food Sciences**, v. 39, n. No. 1, p. 58–62, 26 Feb 2021. Disponible en: https://www.agriculturejournals.cz/web/cjfs.htm?type=article&id=272_2020-CJFS.
- WAHYUNI, N. L. et al. Formation and development of flavour of cocoa (*Theobroma cacao* L.) cultivar Criollo and Forastero: A review. **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, v. 733, n. 1, p. 1–8, 2021.
- PALACIOS, E.; REMIRO, F.; LÓPEZ, L. **Microcontrolador PIC16F84, desarrollo de proyectos**. México: Editorial Afaomega RA-MA, 2004.
- BURGOA-CALLISAYA, R. **Diseño de un sistema automatizado de riego por goteo, mediante el microcontrolador ESP32 por medio de red inalámbrica wifi y la plataforma Blynk, en la plaza triangular de la ciudad de la paz**. Licenciatura. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia, 2021. Disponible en <http://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/30637>.
- ESP32 Series Datasheet Including**. [s.l: s.n.]. Disponible en https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32_datasheet_en.pdf.
- OROZCO-CUAUTLE, F. Electrónica Y Servicio El Circuito LED Driver Global En TV LCD. **Electrónica y servicio**, v. 193, p. 24–25, 2 dez. 2014.