



Sistema Modular de Secado de Café: Optimización y Control Automático



Julio Andrés Casanova Ramírez ¹
Juan Esteban Cerquera Leguízamo ¹
Diana Paola González Campos ²

Resumen

El proceso de secado del café es crucial para asegurar la calidad del producto final, lo que afecta directamente su consistencia, seguridad y valor comercial (Pabón y Osorio, 2022). Tradicionalmente, el secado se realiza de forma manual o con sistemas poco automatizados, lo que resulta en inconsistencias y pérdida de calidad (Olguin y Durán, 2017). Este estudio se centra en el desarrollo de un Sistema Modular de Secado de Café que utiliza tecnologías modernas para un control preciso del proceso, mejorando así la eficiencia y sostenibilidad del secado (González, 2022).

Palabras Clave: Automatización, Calidad del Café, control Ambiental, eficiencia energética, secado de Café

Introducción

La industria cafetera es una de las más importantes para Colombia. En 2024, la producción alcanzó 1.172 millones de sacos de 60 kg, un aumento del 23% respecto al año anterior (Molano, 2024).

En Colombia, el café es el principal producto agrícola de exportación y el sustento económico de 603 municipios (El Espectador, 2023). Particularmente, el departamento del Huila se destaca como el mayor productor, con una participación del 19.08% de la cosecha nacional (Federación Nacional de Cafeteros, 2024).

El desarrollo de métodos de secado optimizados y controlados es esencial para los productores de café.

Los sistemas de secado tradicionales en Colombia son poco tecnificados, lo que resulta en altos costos de producción y baja calidad del producto final (Gobernación del Huila, 2023). Este proyecto aborda estas deficiencias al desarrollar un Sistema Modular de Secado de Café que utiliza tecnologías modernas para controlar de manera precisa el proceso de secado, mejorando la eficiencia y sostenibilidad de este (Tecnova, 2024).

¹Aprendices. Institución Educativa Misael Pastrana Borrero. Tuerel, Huila

²Facilitadora. Tecnoacamia Tuerel, Huila

Metodología

La metodología aplicada en este proyecto fue experimental, utilizando tecnologías como la plataforma Microbit y una aplicación móvil para el control del sistema de secado (Echeverri, 2008). Se realizaron pruebas en diferentes etapas del proceso, lo que permitió ajustar las variables de temperatura y humedad de manera óptima, garantizando la calidad del grano de café (Henao, 2016). Además, se evaluó la eficiencia energética del sistema, comparándola con métodos tradicionales de secado (Bravo et al., 2022). Se desarrolló un prototipo de Sistema Modular de Secado de Café que incluye los siguientes componentes:

Micro bit: Utilizada como unidad de control principal para el monitoreo y gestión de las condiciones ambientales.

Sensores de Humedad y Temperatura: Permiten obtener datos en tiempo real sobre las condiciones del entorno.

Fotocelda: Utilizada para medir la disponibilidad de luz solar y optimizar el uso de energía solar.

Servomotor y Ventilador: Componentes para controlar la circulación del aire y la temperatura dentro del sistema de secado.

Aplicación Móvil: Desarrollada para permitir el monitoreo y control remoto del sistema de secado.

Se seleccionó una muestra de 10 productores de café que representan diferentes escalas de producción y métodos tradicionales de secado

para la implementación y prueba del sistema. Las técnicas de recolección de datos incluyeron mediciones directas con sensores, observaciones visuales y sensoriales del café secado, y encuestas y entrevistas a los productores y expertos en café.

Diseño Experimental: El diseño de la investigación fue experimental, manipulando variables independientes como la humedad y la temperatura para observar sus efectos sobre variables dependientes como la calidad del café secado y la eficiencia del proceso. Se realizaron pruebas comparativas entre el sistema automatizado y los métodos tradicionales de secado para evaluar la efectividad del nuevo sistema.

Análisis de Datos: Los datos recolectados se analizaron utilizando métodos estadísticos para determinar la eficacia del sistema en comparación con los métodos tradicionales. Se realizaron evaluaciones organolépticas para analizar la calidad del café secado, incluyendo pruebas de sabor y aroma, y análisis de contenido de humedad para asegurar la consistencia del secado.

Resultados

El desarrollo del Sistema Modular del Secado de Café ha avanzado significativamente, así integrando exitosamente todos los componentes electrónicos necesarios. Las pruebas iniciales mostraron que el sistema puede mantener condiciones de secado estables y controladas, lo que es crucial para garantizar la calidad del café (Echeverri, 2008). La aplicación móvil desarrollada facilita el monitoreo y

control remoto del proceso, permitiendo ajustes en tiempo real para optimizar la eficiencia energética y la calidad del secado (Escobar y Pantoja De La Cruz, 2016).

Análisis Estadístico: Las pruebas comparativas indicaron una mejora en la uniformidad del secado y una reducción en el contenido de humedad inconsistente en el café secado con el sistema automatizado en comparación con los métodos tradicionales. Las evaluaciones organolépticas también mostraron una mejora notable en el aroma y sabor del café.

Discusión

El sistema desarrollado integra tecnologías avanzadas como sensores ambientales, análisis químico y automatización, lo que permite un control preciso de las condiciones de secado (Prasara y Yingchutrakul, 2024). Esto es crucial, ya que el secado adecuado del café no solo mejora la calidad del grano, sino también sus propiedades fisicoquímicas y organolépticas (Torres et al., 2019). El diseño y la implementación de un sistema automatizado permiten optimizar el tiempo de secado y reducir la pérdida de calidad (Falcón y Sivorichi, 2020).

Las pruebas comparativas indicaron una mejora en la uniformidad del secado y una reducción en el contenido de humedad inconsistente en el café secado con el sistema automatizado en comparación con los métodos tradicionales (Rodríguez et al., 2021). Las

evaluaciones organolépticas también mostraron una mejora notable en el aroma y sabor del café (Duque et al., 2021).

Conclusiones

El Sistema Modular de Secado de Café representa un avance significativo en la automatización del proceso de secado, ofreciendo a los productores una herramienta eficaz para mejorar la calidad y eficiencia de su producción.

La implementación de este sistema podría tener un impacto considerable en la competitividad de los productores de café, así como en la sostenibilidad del proceso (Bravo et al., 2022).

Agradecimiento

Agradecemos a los productores de café que participaron en las pruebas.

Referencias

- Bravo, D., Acuña, W., y Pito, J. (2022). Prototipo para el control de temperatura y humedad en el secado mecánico del café. *Ingeniería y Desarrollo*, 40(1), 28–46. <https://www.redalyc.org/journal/852/85273159002/html/>
- Duque, H., Quevedo, M., y Mosquera, E. (2021). *Tecnología de secado del café*. Universidad del Cauca.
- Echeverri, D. (2008). *Diseño y simulación de la automatización de un secador electromecánico de café*. Universidad Tecnológica De Pereira. <https://core.ac.uk/download/pdf/71396996.pdf>



El Espectador. (2023). Día del café: El panorama, cifras y retos del sector cafetero en Colombia. ELESPECTADOR.COM. <https://www.elespectador.com/economia/dia-del-cafe-el-panorama-cifras-y-retos-del-sector-cafetero-en-colombia/>

Escobar, W. y Pantoja De La Cruz, E. (2016). *Sistema automatizado para el control de la temperatura y humedad relativa de un secador solar de café*. sired.udenar.edu.co. <https://sired.udenar.edu.co/8394/>

Falcón, L., y Sivorichi, B. (2020). *Diseño de un sistema de secado automatizado para granos de café mediante transferencia térmica convectiva*. <https://repositorio.urp.edu.pe/handle/20.500.14138/3526>

Federación Nacional de Cafeteros Huila. (2024). *Café de Huila*. Federación Nacional de Cafeteros Huila. <https://huila.federaciondecafeteros.org/cafe-de-huila/>

Gobernación del Huila. (2023). *Caficultores del Huila más competitivos gracias a la Extensión Agropecuaria*. Gobernación del Huila. <https://www.huila.gov.co/publicaciones/14516/caficultores-del-huila-mas-competitivos-gracias-a-la-extension-agropecuaria/>

González, I. (2022). *Diseño y prototipo de secador de café excelso automatizado con sistema SCADA*. <https://repositorio.itm.edu.co/handle/20.500.12622/5656>

Henao, J. (2016). *Evaluación del proceso de secado del café y su relación con las propiedades físicas, composición química y calidad en taza*. Universidad Nacional de Colombia.

Molano, P. (2024). *Así creció la producción de café en Colombia en 2024: aumento también en las exportaciones*. Diario AS. <https://colombia.as.com/actualidad/asi-crecio-la-produccion-de-cafe-en-colombia-en-2024-aumento-tambien-en-las-exportaciones-n/>

Olguin, J., y Durán, R. (2017). Evaluación térmica y financiera del proceso de secado de grano de café en un secador solar activo tipo invernadero. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*. <https://www.redalyc.org/journal/2631/263150548006/>

Pabón, J., y Osorio, V. (2022). Efecto de la interrupción del secado mecánico en la calidad física y sensorial del café. *Revista Cenicafé*. <https://publicaciones.cenicafe.org/index.php/cenicafe/article/view/276>

Prasara, Y., y Yingchutrakul, N. (2024). A data-driven approach to improve coffee drying: Combining environmental sensors and chemical analysis. *PloS one*, 19(2), e0296526–6.

Rodríguez, A., García, A., Reyes, V., y García, A. (2021). Modelos de innovación en la producción de café en la Sierra Norte de Puebla-México. *Revista de Ciencias Sociales*, 27(3). 443–58. <https://www.redalyc.org/journal/280/28068276034/html/>

Tecnova. (2024). *Sistema de secado de café para el aprovechamiento de energía solar y biogás*. Tecnova. <https://tecnova.org/project/sistema-de-secado-de-cafe-para-el-aprovechamiento-de-energia-solar-y-biogas/>

Torres, L, Martínez, K., y Serna, J. (2019). Secado de Pulpa de Café: Condiciones de Proceso, Modelación Matemática y Efecto sobre Propiedades Fisicoquímicas. *Información tecnológica*, 30(2), 189–200.

