

Diseño e implementación de un prototipo de telecontrol de una secadora de cacao con interfaz web mediante uso de hardware y software libre.

Gustavo Santiago⁽¹⁾, Washington Reyes⁽²⁾, M. Sc. Marcos Millán⁽³⁾
Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación
Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)
Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 vía Perimetral
Apartado 09-01-5863. Guayaquil-Ecuador
gsantiag@fiec.espol.edu.ec⁽¹⁾, wasdarey@fiec.espol.edu.ec⁽²⁾, mmillan@fiec.espol.edu.ec⁽³⁾

Resumen

En la actualidad existen diversas máquinas secadoras de cacao, que permiten a los agricultores extraer la humedad del producto para su venta, sin embargo no se ha aprovechado los beneficios de la tecnología para mejorar el rendimiento de dichas máquinas, con lo cual el usuario sería capaz de automatizar los sistemas que se usan para el secado, dándole la capacidad de controlar y monitorear en todo momento las operaciones necesarias con tan solo usar un dispositivo móvil y obtener reportes de los procedimientos llevados a cabo en el sistema. Esto permitiría mejorar la calidad del producto y reducir considerablemente el tiempo necesario para procesar el cacao. El objetivo del proyecto es implementar dicho sistema utilizando software y hardware libre de tal manera que el producto final sería de bajo costo.

Palabras Claves: *Secadora de cacao, telecontrol y monitoreo, dispositivo móvil, bajo costo, software libre, hardware libre.*

Abstract

Currently there are several cocoa beans dryer machines, that allow farmers to remove humidity from the product to be sold, however technology hasn't been exploited to improve the performance of these machines, allowing the user to automate the systems used for drying, giving him the ability to monitor and control at any time the operations required by simply using a mobile device and receive reports of the entire procedures performed in the system. This will improve product quality and will reduce the time required to process cocoa. The objective of this project is to implement such system using open source software and open hardware, such that the final product would be inexpensive.

Keywords: *Cocoa dryer, remote control and monitoring, mobile device, low cost, open source software, open hardware.*

1. Introducción

Ecuador es un país con un nivel muy alto de producción de cacao, el cual es utilizado como materia prima para la fabricación de diferentes productos como son el chocolate o la pasta de cacao, sin embargo la gran mayoría de agricultores que cosechan el cacao no cuentan con la maquinaria necesaria para procesarlo sino que en su gran mayoría lo venden en grano para que sea procesado.

El valor al que lo venden depende del peso y del grado de humedad del cacao, y de ahí surge el problema del agricultor al momento de secar adecuadamente el grano de cacao para que sus ganancias no se vean afectadas.

El proceso de secado normalmente toma mucho tiempo, y debido a que se debe tener un control en todo momento del estado del cacao y debe ser removido constantemente, el agricultor debe detener sus actividades enteramente para poder monitorear el proceso personalmente. Esto afecta la productividad del agricultor ya que debe paralizar el resto de sus actividades hasta que el proceso de secado termine.

El propósito del proyecto es brindarle al agricultor los medios para secar apropiadamente su cacao utilizando una secadora inteligente y de bajo costo, mejorando el sistema de secado mediante un monitoreo constante y remoto.

El sistema permite la automatización del proceso de secado desde su encendido automático hasta su apagado manual o programado, o en un caso dado, apagado de emergencia.

El usuario es capaz de monitorear en todo momento el sistema y puede revisar los reportes de procesos de secado anteriores observando las temperaturas y el tiempo de exposición para mejorar el proceso de secado basado en la experiencia de procesos anteriores.

2. Solución propuesta

El sistema se ha implementado en una secadora de cacao existente totalmente manual, puesto que el sistema es capaz de ser adaptado a cualquier secadora sin tener que realizar mayores cambios físicos, y bajo este contexto vamos a describir la solución propuesta.

La figura 1 muestra el diagrama de bloques del sistema.

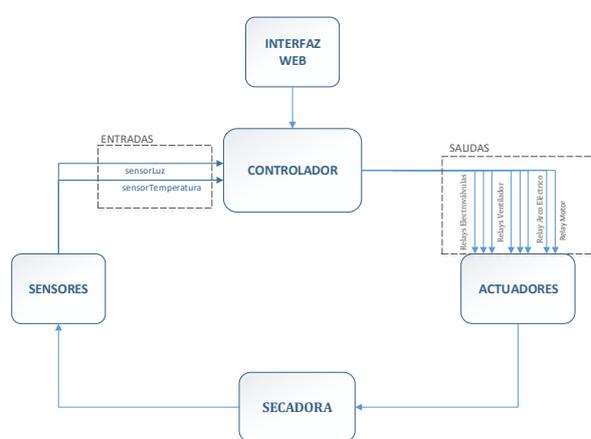


Figura 1: Diagrama de bloques del sistema.

El controlador utiliza un circuito externo compuesto por relés para actuar sobre los elementos de la secadora y también utiliza un circuito de acondicionamiento para las señales recibidas por los sensores.

2.1 Diseño de Hardware

El sistema completo de la secadora consta de tres electroválvulas para el paso de gas, un ventilador con tres niveles de velocidad, un sistema de encendido automático mediante arco eléctrico, un sensor para detectar la cantidad de luz dentro de la recámara de combustión, un sensor de temperatura y un motor que se activa a intervalos regulares para remover el cacao utilizando unas aspas colocadas en la secadora.

El controlador estará embebido en una SBC (Single Board Computer), hemos decidido trabajar con la BeagleBone Black debido a que incorpora pines analógicos, lo cual significa que nos permitirá trabajar con las señales analógicas de los sensores sin necesidad de utilizar un conversor analógico-digital.

Esta tarjeta no sólo va a ser el controlador del sistema sino que también será el servidor web, servidor DNS y servidor de bases de datos.

Los actuadores conformados por las electroválvulas de paso de gas, ventilador, bujía para encendido automático y motor serán activados y desactivados mediante un circuito de relés mostrado en la figura 2 el cual diseñamos para activarse según el estado de los pines digitales de la tarjeta BeagleBone Black.

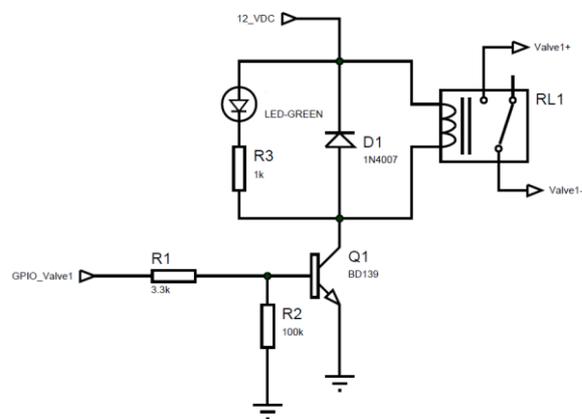


Figura 2: Diagrama de circuito pre-actuador.

El circuito está diseñado para funcionar correctamente dada la poca corriente que son capaces de entregar los pines digitales de la BeagleBone Black, y permite aislar el controlador de los actuadores que estarán trabajando con corrientes mayores a las que podría soportar el controlador.

El motor usa un variador de frecuencia para su funcionamiento pero su activación es controlada enviando una señal de corto circuito al variador de frecuencia, por lo que también se utiliza el circuito mostrado en la figura 2 para enviar dicha señal al momento que se desee activar el motor.

Para medir la cantidad de luz dentro de la recámara de combustión hemos utilizado una fotocelda y utilizando un divisor de voltaje recibiremos una señal analógica que indica la intensidad de luz en la recámara.

Este parámetro es muy importante ya que nos permite conocer en todo momento el estado de la secadora y prevenir un accidente en caso de que un dispositivo fallase desactivando todos los actuadores y apagando el sistema.

Debido a que necesitamos medir también la temperatura, hemos escogido trabajar con un RTD (Resistance Temperature Detector) debido a la linealidad de respuesta y la precisión de alrededor de $\pm 0.8^\circ \text{C}$ entre los 0° y 100°C que es el rango de temperaturas que alcanzaremos en la secadora de cacao.

Pero como este sensor varía su resistencia de acuerdo a la temperatura, necesitamos un circuito de acondicionamiento que convierta este parámetro a

voltaje y lo amplifique, el cual se muestra en la figura 3.

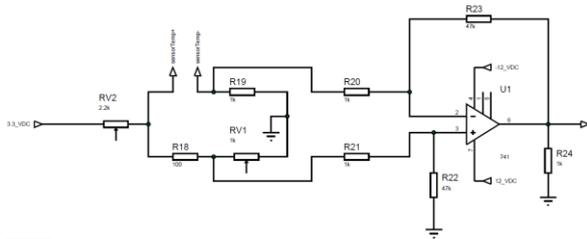


Figura 3: Circuito de acople para el sensor RTD.

El circuito presentado consta de un puente de Wheatstone que entrega un voltaje de 0 a 0° C y 1 voltio alrededor de los 100° C.

No es posible amplificar mucho más la señal debido a que los pines analógicos de la BeagleBone Black son sensibles a 1.8V y con un voltaje mayor podría producirse daños internos, es por eso que hemos decidido trabajar con este rango para no exceder este voltaje crítico.

Por último se ha decidido incluir una cámara IP para observar directamente lo que ocurre en la secadora.

2.2 Diseño de Software

El controlador es quien controla los pines GPIO (General Purpose Input-Output) y recibe las señales de los sensores, y obedece en su mayoría a lo que ocurre en la interfaz Web, las configuraciones que el usuario ha realizado, y las peticiones que hace a través del servidor web.

Hemos incluido un algoritmo de seguridad al momento de realizar el encendido automático, ya que en caso de fallar el encendido, todas las válvulas de gas deben cerrarse para evitar accidentes.

El algoritmo funciona de tal manera que abre una válvula piloto y genera la chispa eléctrica, una vez encendida la válvula piloto procede a encender las demás válvulas, y el sensor de luz indicará si el encendido fue exitoso, caso contrario se procederá a detener el sistema. Este algoritmo perdura a lo largo del proceso de secado vigilando si la secadora está encendida en todo momento, caso contrario el sistema guardará un reporte de lo ocurrido indicando fecha y hora, procesos realizados y procesos detenidos.

El algoritmo de secado contempla diferentes etapas de secado, programables por el usuario dependiendo de la humedad del cacao, manipulando las válvulas y la velocidad del ventilador dependiendo de la etapa como se muestra en la figura 4.

PROCESO	VALVULA 1	VALVULA 2	VENTILADOR			TEMPERATURA APROXIMADA
			ALTO	MEDIO	BAJO	
DESABADO	●	●	●			100 °C
SECADO ALTO	●			●		80 °C
SECADO BAJO	●				●	70 °C
ENFRADO			●			40 °C

Figura 4: Configuración para cada etapa.

El usuario es capaz de manejar las válvulas y detener el proceso en todo momento a través de la interfaz web, permitiéndole total control sobre el proceso de secado.

La base de datos guarda reportes de secado incluyendo información del usuario que utilizó el sistema, el lote de cacao que fue ingresado al iniciar la programación del proceso de secado, y datos adquiridos a través de los sensores a lo largo del proceso.

Toda esta información puede ser consultada a través de la interfaz web por fecha de creación y también puede ser descargada a un archivo Excel que contiene todos los reportes hasta el momento.

3. Implementación del sistema

La BeagleBone Black tiene configurado un servidor DNS para evitarle al usuario recordar la IP del servidor web, accediendo a través del nombre de dominio www.ssc.com.

El usuario puede conectarse de manera local o remota a través de Internet, esto último requerirá que se habilite reenvío de puertos en el Router que provee su ISP, en cualquier caso presentamos un esquema de red del sistema en la figura 5.

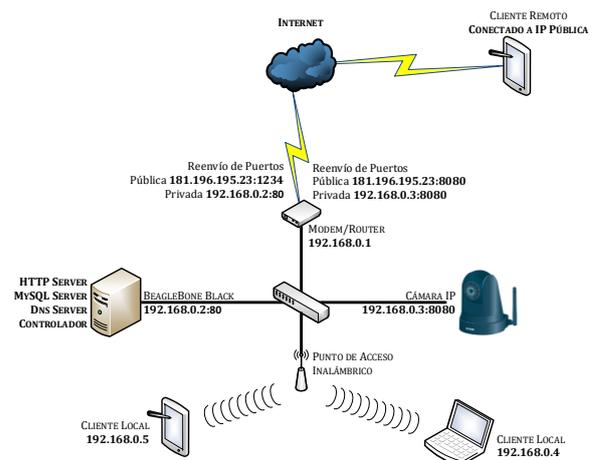


Figura 5: Esquema de red del sistema.

Con el esquema presentado el usuario solo debe acceder a la interfaz web, donde deberá ingresar con sus credenciales, y para poder utilizar el sistema,

deberá programar un proceso de secado en el módulo de programación que se muestra en la figura 6.



Figura 6: Módulo de programación.

Aquí el usuario programa de acuerdo a las necesidades de secado, y una vez iniciado el proceso, la interfaz muestra un módulo de control y monitoreo que se muestra en la figura 7.

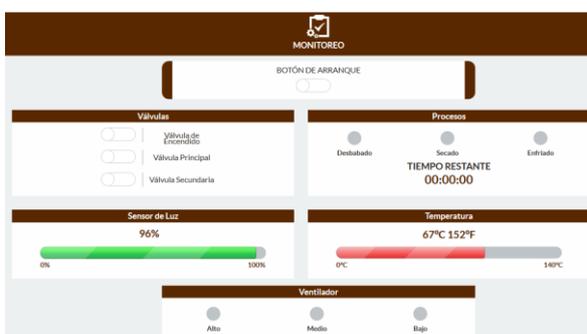


Figura 7: Módulo de monitoreo.

Y en caso de requerir los reportes que guarda el sistema, el usuario puede acceder a ellos a través del módulo de reportes como se observa en la figura 8, el cual mostrará de manera predeterminada el último proceso realizado.

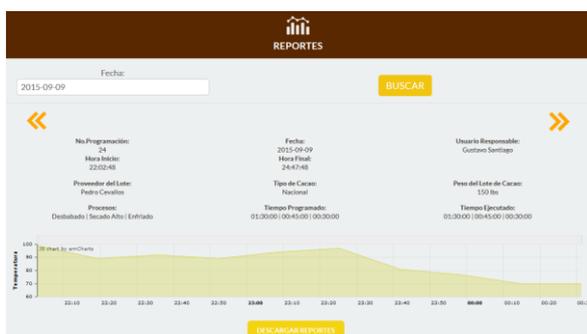


Figura 8: Módulo de reportes.

Al realizar la implementación hemos considerado necesario añadirle seguridad al sistema implementando la interfaz web vía HTTPS de tal manera que las credenciales de los usuarios no puedan

ser vistas a través de un ataque de hombre en el medio.

4. Comparativa de costos

Hemos realizado una comparativa de costos para destacar la reducción de costos conseguida por el uso de hardware y software libre, de tal manera que no se incluye el costo de la secadora como tal, sino del sistema inteligente de monitoreo y control de la secadora, para ello comparamos la tarjeta BeagleBone Black con un PLC capaz de brindar un sistema similar vía interfaz web como es el LOGO de Siemens, y los resultados se pueden observar en la figura 9.



Figura 9: Comparativa de costos

Se puede observar que el costo del sistema de control y monitoreo costaría un poco más del doble por el hecho de utilizar software licenciado y un PLC.

Esto es un coste significativo y aún más si se tiene proyectado implementar el sistema a gran escala puesto que el costo de desarrollo del sistema disminuiría en gran manera aumentando el margen de ganancias sin afectar el rendimiento ni la funcionalidad de un sistema de control y monitoreo de secado de cacao.

5. Resultados

Para presentar los resultados hemos recreado dos escenarios que fueron simulados en una secadora prototipo en miniatura para comprobar el funcionamiento correcto de nuestra solución.

La figura 10 muestra el diseño del prototipo en miniatura y el panel de control tal y como será implementado en la secadora real.



Figura 10: Prototipo de secadora en miniatura

5.1 Escenario 1

En el escenario 1 realizaremos un proceso de secado completo utilizando el sistema de monitoreo y analizando que el sistema funcione correctamente.

En la figura 11 se puede ver el sistema en funcionamiento con su respectivo módulo de monitoreo indicando el estado actual del prototipo.



Figura 11: Resultados del escenario 1.

5.2 Escenario 2

En el escenario 2 vamos a recrear un procedimiento fallido, programando un proceso de secado normal pero simulando que la llama dentro de la recámara de combustión se ha apagado a mitad del procedimiento debido a algún problema con el ventilador que empuja aire hacia la recámara.

En este evento lo ideal es que el sistema se detenga y entregue un reporte de lo ocurrido antes de que suceda un accidente, los resultados se muestran en la figura 12.

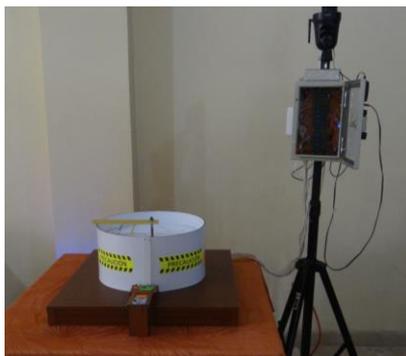


Figura 12: Resultados del escenario 2.

Se puede observar que aunque el panel metálico de control está encendido, la secadora prototipo se ha apagado completamente, y en nuestro sistema se ha guardado un reporte de lo ocurrido como se ve en la figura 13.



Figura 13: Reporte de proceso truncado.

El reporte indica fecha y hora de programación, tiempo ejecutado, usuario responsable y una gráfica de Temperatura vs. Tiempo que ayuda al usuario a comprender cuándo sucedió el evento y da una idea de cuál puede ser el conflicto que ocasionó que la secadora se detuviese.

6. Conclusiones

1. El prototipo permite el telecontrol y telemetría de los procesos ejecutados en una secadora de cacao como se tenía previsto reduciendo el costo alrededor de un 50% debido al uso de hardware y software libre.

2. El secado del cacao se ve notablemente mejorado debido al sistema de reportes que brinda el sistema permitiéndole al usuario mejorar el secado de su producto continuamente basado en sus experiencias anteriores.

3. El sistema de alertas y seguridad contra accidentes responde de manera eficiente ante cualquier peligro, convirtiéndolo en un sistema fácil de usar y confiable.

4. La interfaz web es adaptable a cualquier dispositivo inteligente, lo cual da la facilidad al usuario de explorar todas las funciones integradas en el sistema desde un teléfono inteligente o una tablet.

7. Bibliografía

[1] J.L. Maza. (2015, Septiembre 1). Secadero de Cacao [Online]. Disponible en: <http://www.ecocacao.ec>.

[2] T. Dicola (2015, Septiembre 5). Comparativa de tarjetas Linux embebidas [Online]. Disponible en: <https://learn.adafruit.com/embedded-linux-board-comparison/overview>.

[3] M. Richardson, "Getting Started with BeagleBone", 1st ed., Massachusetts: O'Reilly Media, 2013.

[4] A. Mardan, "Pro Express.js", 1st ed., New York City: Apress, 2014.