

## Control automático de temperatura para el secado de cacao en un invernadero de la parroquia Guasaganda del cantón La Maná

### Automatic temperature control for drying cacao in a greenhouse from Guasaganda parish, La Maná canton

Norma Rodriguez Pazmiño<sup>1</sup>, Paco Jovanni Vásquez Carrera<sup>2</sup>, William Armando Hidalgo Osorio<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Unidad Educativa F.A.E. N° 5, Latacunga – Ecuador

<sup>2</sup>Universidad Técnica de Cotopaxi extensión La Maná, La Maná – Ecuador

Correo correspondencia: normarodriguezp@hotmail.com, paco.vasquez@utc.edu.ec, william.hidalgo7885@utc.edu.ec.

#### Información del artículo

**Tipo de artículo:**  
Artículo original

**Recibido:**  
18/07/2020

**Aceptado:**  
12/10/2020

**Publicado:**  
16/11/2020

**Revista:**  
DATEH

OPEN ACCESS



#### Resumen

El presente proyecto tuvo como objetivo principal implementar un sistema de control automático de temperatura y humedad mediante el uso de un módulo lógico LOGO, para el secado de cacao en un invernadero de la parroquia Guasaganda del cantón La Maná, el cual nace a través de la problemática que existen en las técnicas de secado de los granos de cacao debido a las condiciones climáticas, las cuales alargan el tiempo de secado con el riesgo de la aparición de moho en el producto, así disminuye notoriamente el precio de venta. La finalidad dentro del proceso de secado es reducir la humedad de los granos, para su ejecución se recurrió a la recopilación de información necesaria para identificar los parámetros que influyen en el secado de los granos de cacao; considerando dos de ellos: la temperatura y humedad dentro del recinto; una vez identificadas las variables se recurrió a identificar los componentes: eléctricos, electrónicos y electromecánicos; posteriormente se realizó el diseño del sistema de control, empleando programas como: CADE\_SIMU para diseñar el circuito de mando y potencia y LOGO soft Comfort V8, para su respectiva programación; y por último la implementación de los elementos que conforman el sistema de control automático. En conclusión, el control automático logra un secado adecuado, mejorando así el proceso de secado de los granos de cacao, logrando obtener un producto de calidad cumpliendo con requisitos técnicos según la norma INEN 176, mediante este sistema de control el usuario puede tener acceso directo al controlador MT-530E donde puede configurar la temperatura y humedad deseada creando un menú según desee. Las pruebas de campo arrojaron datos precisos, llegando a controlar temperaturas desde los 35 °C hasta los 50 °C, además comprobando que su viabilidad económica es positiva arrojando un TIR de 118 % y un VAN mayor a 0, lo que demuestra que el proyecto es ejecutable.

**Palabras clave:** proceso, secado, control automático, implementación, viabilidad económica.

#### Abstract

The main objective of this project was to implement an automatic temperature and humidity control system using a logic module called LOGO for drying cacao in a greenhouse in Guasaganda parish in La Maná canton. This system was created because of the problems that exist in cacao beans drying techniques due to climatic conditions which lengthen the drying time with the risk of the appearance of mold on the product, thus, reducing significantly the selling price. The purpose of drying process is to reduce the moisture-content of the beans. To execute the project, the necessary information was collected to identify the parameters that influence the drying of cacao beans; two of these parameters were: temperature and humidity in the recinto, so once the variables had been identified; the electrical, electronic, and electromechanical components were identified. Then, the control system was designed by using programs such as CADE\_SIMU for designing the control and power circuit and LOGO soft Comfort V8 for programming it. Lastly, the implementation of the elements which define the automatic control system. In conclusion, the automatic control system achieves an adequate drying, so improving the drying process of cacao beans and obtaining a quality of the product that complies with technical requirements according to INEN 176 standard. Through this control system, the user can have direct access to the MT-530E controller where temperature and humidity can be configured, creating a desired menu. The field tests gave accurate data, reaching temperatures from 35 °C to 50 °C, also verifying that its economic viability is positive and giving an IRR of 118 % and a NPV more than 0 which shows that the project is executable.

**Keywords:** process, drying, automatic control, implementation, economic viability.

**Forma sugerida de citar (APA):** López-Rodríguez, C. E., Sotelo-Muñoz, J. K., Muñoz-Venegas, I. J. y López-Aguas, N. F. (2024). Análisis de la multidimensionalidad del brand equity para el sector bancario: un estudio en la generación Z. *Retos Revista de Ciencias de la Administración y Economía*, 14(27), 9-20. <https://doi.org/10.17163/ret.n27.2024.01>.

## INTRODUCCIÓN

En el Ecuador el cacao es un producto que genera empleos e ingresos para un gran número de familias, aproximadamente 100.000 de acuerdo al (INIAP) (Quiroz, 2012). Las cuales desarrollan actividades de siembra, cosecha, postcosecha, comercialización, exportación, transportación, investigación, procesamiento, entre otras, de mucha importancia y demanda en el vínculo del cacao. “La gran exigencia de productos de calidad obliga a los productores a mejorar las técnicas ocupadas para la obtención de cacao fino” (López Chica, 2015). El problema de hoy en día en cuanto a controlar variables como lo son: temperatura y humedad dentro de invernaderos ha sido un reto para el campo de la ingeniería. Según, Sandy, Reza, Espinoza, & Arellano (2015) en su proyecto “Control de fermentado y evaluación de un prototipo de secador con ambiente controlado para cacao nacional”, realizado en el país de Bolivia con el fin del aumento de calidad del grano seco de cacao nacional, a través del uso de energías renovables en el proceso de la postcosecha favoreciendo a productores indígenas del norte paceño. Implementaron dos actividades para responder a los problemas identificados en el proceso de la postcosecha: a) el monitoreo del indicador de temperatura de la masa del grano en el proceso de fermentación, con la finalidad de identificar puntos clave que admitan a los trabajadores mejorar el proceso; y b) la implementación de un modelo de secador de granos de cacao con ambiente controlado, en donde evaluaron parámetros de humedad del grano y duración del secado, con el objetivo de identificar las mejores prácticas en el proceso de secado, además de innovar la construcción existente y promover la calidad del grano de cacao nacional.

Se realizó la investigación con el objetivo de Diseñar un Sistema de Control Interno para el almacén Créditos Madril ubicado en el Cantón La Maná, Provincia de Cotopaxi, analizando individualmente las unidades operativas y administrativas del almacén identificando los posibles riesgos y deficiencias de control; estableciendo políticas y procedimientos de control para las actividades que desarrolla el Almacén Créditos Madril en el ámbito administrativo y operativo para prevenir y neutralizar sus riesgos.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Es de vital importancia que el grano de cacao cumpla una línea de procesos muy particulares antes de ser la materia prima elemental para la elaboración del chocolate. Las fases elementales de este proceso son: beneficiado del cacao, tostado, molido, prensado y conchado. Se conoce como beneficiado del grano de cacao a las etapas de:

cosecha, fermentación, secado, limpieza, selección y almacenamiento del grano (Parra, 2017).

### Métodos de secado

Existen dos métodos de secado de cacao siendo estos: natural, valiéndose de la radiación solar y obteniéndose granos con mayor aroma; o un secado artificial mediante el uso de estufas o secadores mecánicos haciendo pasar un flujo de aire seco y caliente por la masa del cacao (Maureira Poveda, 2006).

Hay dos sistemas de secado:

### Secado natural

Este secado es el habitual y consiste en exponer los granos al sol o al ambiente para que se sequen. En la figura 1 se observa este método, puede ser eficaz y de alta calidad si el sol es adecuado. Seguramente si esto ocurre y el manejo se hace bien, el cacao alcanza alta calidad, pero si esto no ocurre como en zonas de transición entre sierra y la costa o en la amazonia ecuatoriana, entonces el cacao se enmohece (INIAP, 2012).



**Figura 1.** Secado natural del cacao.

### Secado artificial

Como se observa en la figura 2, este tipo de secado, se realiza en plantaciones grandes o donde el clima de la localidad no permita un secado natural (región amazónica o pie de monte de los Andes). Consiste en utilizar baterías, adecuando una fuente de calor artificial, la que permite el paso de aire caliente o seco por la masa y éste seca los granos de cacao. Hay una infinidad de modelos, pero en todos ellos, lo principal es tener en cuenta algunas normas para adquirir una calidad adecuada en el secado (INIAP, 2012).



**Figura 2.** Secado artificial del cacao.

### Procedimiento.

En el siguiente diagrama mostrado en la figura 3, se describirá el proceso empleado para la implementación del sistema de control de secado de granos de cacao.



**Figura 3.** Diagrama de procedimiento.

### Materiales.

#### LOGO siemens 8.2 110-220 V AC.

En la figura 13 se muestra un módulo lógico LOGO Siemens 8.2 de 110-220 V AC, el cual brinda una capacidad de comunicación ampliada gracias a su puerto de comunicación Ethernet integrado, el cual permite comunicarse hasta con 8 dispositivos Ethernet adicionales (Ej: ¡módulos lógicos LOGO!, Simatic S7-1200, paneles Simatic HMI, etc.) (Siemens, 2017).



**Figura 4.** Modelo de LOGO 8.2

#### Controlador de temperatura y humedad MT-530E.

El controlador MT-530E Súper, mostrado en la Fotografía 3, tiene tres salidas: una para control de la temperatura, una para control de la humedad y una tercera salida auxiliar que funciona como una segunda etapa de control de temperatura, control de humedad, alarma o temporizador cíclico. Este tipo de controlador es apropiado para baja y media humedad relativa (10 a 85% sin condensación). Sus sensores de temperatura y humedad se acoplan en un solo

bulbo, lo que reduce el espacio de instalación y cableado. También incluye una alarma audible (buzzer) y una función inteligente, de bloqueo que evita que los usuarios no autorizados cambien los parámetros del control.



**Figura 5.** Generador de aire caliente MASTER BV 77 E

Empleado principalmente para el calentamiento de recintos como almacenes, talleres de construcción e invernaderos ver modelo en la figura 14, el cual posee una potencia de salida de 28.400 Kcal/h.



**Figura 6.** Generador de aire caliente

### Diseño experimental

Se empleó el software CADe\_SIMU, el cual permite dibujar esquemas eléctricos tanto de mando como de potencia, además se puede simular para comprobar que la lógica del circuito funcione.

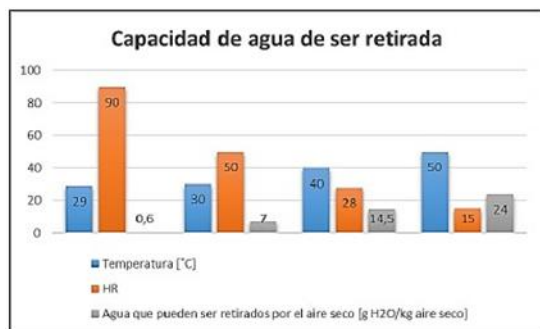
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El problema que se encuentran en la mayoría de máquinas secadoras regularmente se asocia a que no cuentan con un apropiado sistema de control de temperatura y humedad, el cual ayuda al manejo óptimo de estas variables. Estas máquinas al no contar con un sistema de control adecuado someten a la almendra a un proceso de secado abrupto con rangos iniciales de temperatura de 50o - 55o C, posterior a esto cambian la temperatura hasta 70o C sin seguir; parámetros y estudios previos del secado de cacao dando como resultado un producto de baja calidad. Según, Sandy, Reza, Espinoza, & Arellano, (2015) “concluyen que el uso del secador de ambiente controlado podría ser rentable en una escala seis veces mayor al prototipo, considerando el potencial productivo de donde se instalaría”. Mediante la investigación bibliográfica se pudo contemplar que el secado de cacao se logra a través de dos formas el secado natural y artificial donde el índice de humedad que debe conservar el cacao, es de un 7 % para considerarlo como un producto de buena calidad condiciones necesarias para

tener una demanda mayor en el mercado nacional e internacional, además las variables que se deben considerar dentro del proceso de secado de cacao son la temperatura y humedad. Dependiendo del manejo que se le haya dado en la fermentación, el cacao recién sacado del cajón puede tener una humedad cercana al 65%, la cual debe ser disminuida hasta un rango del 6,5 a 7,0 %. De este modo, los microorganismos no encuentran un medio en el cual desarrollarse y las distintas enzimas existentes en el interior del grano se desactivan, con lo cual el cacao ya seco, puede almacenarse de manera segura.

Características	Valor	Unidad
Caudal de aire	1.550	m <sup>3</sup> /h
Voltaje	220-240/50	V/Hz
Potencia absorbida	0,3	kW
Consumo de energía	2,5	A
Capacidad del deposito	36	L
Autonomía de combustible	17	H
Consumo del combustible	1.67	Kg/h

**Tabla 1.** Detalles de la maquina secadora



**Figura 7.** Capacidad de agua de ser retirada

## CONCLUSIONES

Se implementó un sistema de secado bajo invernadero con ambiente controlado, el cual esta comandado por un LOGO V8.2, donde controla las variables de temperatura y humedad a través de un controlador MT-530E logrando secar los granos de cacao en menor tiempo y llegando a obtener un producto con una humedad del 7% según NTE INEN 176, lo cual incide en un impacto positivo dentro del proyecto.

Asimismo, se tomó en cuenta dos variables la humedad y temperatura, siendo fundamentales en el proceso de secado de cacao, además, se identificó como elementos principales para el control de temperatura y humedad a los siguientes

dispositivos: un generador de aire caliente, extractor, LOGO V8.2, controlador de temperatura y humedad MT-530E y dispositivos de protección como relés y breakers.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barbecho Guailles, A. F., & Loja Juca, J. C. (enero de 2019). Desarrollo de un prototipo de máquina híbrida de secado de cacao con sistema de control automático de temperatura.
- Alcalde San Miguel, P. (2019). Reglamento electrotécnico para Baja Tensión 4.ª edición. España: Paraninfo, S.A.
- Alvarez, M. P. (2005). Controladores Logicos. Barcelona: MARCOMBO S.A.
- Alvarez, E. N. (2017). Introducción a la Instrumentación: Obtenido de Instrumentacion (sensores, transmisor y transductor): [http://www.fi.uba.ar/laboratorios/lscm/SI\\_TIOCON.htm](http://www.fi.uba.ar/laboratorios/lscm/SI_TIOCON.htm)
- Baena Paz, G. (2014). Metodología de la investigación. México: GRUPO EDITORIAL PATRIA, S.A. DE C.V.
- Baeza Romero, E. J., Montero, J. I., Parra, J. P., Bailey, B. J., López Hernández, J. C., & Gázquez Garrido, J. C. (2014). Avances en el estudio de la ventilación natural (Cajamar Caja Rural ed.).
- Balcells, J., & Romeral, J. L. (1997). Autómatas programables. Barcelona: MUNDO ELECTRONICO.
- Balcells, J., Romeral, J. L., & Romeral, M. L. (1997). Sensores y actuadores. Barcelona - España: MARCOMBO S.A. Barriero Hidalgo, C. M., & Lema Quinzo, J. C. (2009). DISEÑO DE UN SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN PARA INVERNADEROS DE CULTIVO DE FLORES, A TRAVÉS DE SOFTWARE. Riobamba.
- BEAUCOUP. (30 de noviembre de 2018). Catálogo de productos. Obtenido de <https://www.inselec.com.ec/wpcontent/uploads/2018/12/CATALOGOBEAUCOUP.pdf>
- CAOBISCO/ECA/FCC. (2015). Cacao en Grano: Requisitos de Calidad de la Industria del Chocolate y del Cacao. End, M.J. and Dand, R., Editors.
- Chimbo, J. d. (2016). "Diseño e Implementación de un sistema de monitoreo y control de humedad y temperatura para Invernadero con Administración SNMP".
- Clasificación Internacional de Patentes CIP. (13 de abril de 2014). Invernadero, sistema de control de la climatización de un invernadero y procedimiento de control de la climatización de un invernadero. Obtenido de Sistema para la regulación de la 51 climatización de un invernadero por medio de agua de refrigeración,

- <https://patentados.com/2014/invernaderosistema-de-control>
- Cobán. (Julio de 2014). Secadora Solar tipo Invernadero. Obtenido de Anacafé: [https://www.feedingknowledge.net/02search?p\\_p\\_id=1\\_WAR\\_feeding\\_knowledgeportlet&p\\_p\\_lifecycle=2&p\\_p\\_state=maximized&p\\_p\\_mode=view&p\\_p\\_cacheability=cacheLevelPage&\\_1\\_WAR\\_feeding\\_knowledgeportlet\\_cmd=serveAttachment&\\_1\\_WAR\\_feeding\\_knowledgeportlet\\_stepAtta](https://www.feedingknowledge.net/02search?p_p_id=1_WAR_feeding_knowledgeportlet&p_p_lifecycle=2&p_p_state=maximized&p_p_mode=view&p_p_cacheability=cacheLevelPage&_1_WAR_feeding_knowledgeportlet_cmd=serveAttachment&_1_WAR_feeding_knowledgeportlet_stepAtta)
- Cros E. Jeanjean N. (1995). Cocoa quality: effect of fermentation and drying. En *Plantations* (págs. p. 25-27). research development.
- Dominion Industrial. (24 de marzo de 2014). Aplicaciones Industriales – Control de temperatura. Obtenido de <https://dominionindustrial.wordpress.com/2014/03/24/aplicaciones-industrialescontrol-de-temperatura/>
- Enríquez, G. (2004). Cacao Orgánico. Guía para Productores Ecuatorianos. Ecuador: Instituto Nacional Autónomo de investigaciones Agropecuarias INIAP.
- Estrada Paredes, J. J. (2012). Guía para la construcción de invernaderos o fitotoldos. Bolivia: FAO Bolivia.
- GAD Parroquial Guasaganda. (10 de octubre de 2015). Plan de desarrollo y ordenamiento territorial del del Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Guasaganda. Obtenido de [http://app.sni.gob.ec/snilink/sni/PORTAL\\_SNI/d\\_ata\\_sigad\\_plus/sigadplusdocumentofinal/0560019050001\\_GUASAGANDA%20FINAL%20201530-10-2015\\_14-34-33.pdf](http://app.sni.gob.ec/snilink/sni/PORTAL_SNI/d_ata_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/0560019050001_GUASAGANDA%20FINAL%20201530-10-2015_14-34-33.pdf) Gómez Luna, E., Fernando Navas, D., Aponte Mayor, G., & Betancourt Buitrago, L. A. (2014). Metodología para la revisión bibliográfica y la gestión de información de temas científicos, a través de su estructuración y sistematización. *Dyna*, 158-163.
- Gonzales, J. (2018). Diseño e implementación de un control de Temperatura y humedad para un prototipo de incubadora artificial de pollos.
- onzález Martínez, A., Diez Suarez, A. M., Díaz, L., Gil, A., & Vega Barrallo, B. (2015). Eficiencia energética en las instalaciones de calefacción y ACS en los edificios. (S. A. Paraninfo, Ed.) España.
- INEN. (08 de febrero de 2018). NTE INEN 176 GRANOS DE CACAO. REQUISITOS. Obtenido de [http://181.112.149.204/buzon/normas/nte\\_inen\\_176-5.pdf](http://181.112.149.204/buzon/normas/nte_inen_176-5.pdf)
- Infoagro. (25 de abril de 2019). Control Climático en Invernaderos. Obtenido de [http://www.infoagro.com/industria\\_auxiliar/control\\_climatico2.htm](http://www.infoagro.com/industria_auxiliar/control_climatico2.htm)
- INIAP. (2012). Influencia de la agronomía y cosecha sobre la calidad del cacao.
- Lopera Echavarría, J. D., Ramírez Gómez, C. A., Zuluaga Aristizába, M. U., & Ortiz Vanegas, J. (2010). El método analítico como método natural. *Nómadas. Revista Crítica de Ciencias Sociales y Jurídicas*.
- López Chica, J. A. (2015). Desarrollo de un sistema de secado de cacao de aroma, utilizando combustible convencional y energía renovable. (Tesis de Grado previo a la obtención del Título de Ingeniero Mecánico). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba Ecuador.
- Mathas, C. (27 de octubre de 2011). Digi\_Key. Obtenido de <https://www.digikey.com/es/articles/techzone/2011/oct/temperature-sensors-thebasics>
- Maureira Poveda, J. P. (2006). Diseño y simulación de un secador de granos de cacao con colectores. Tesis de ingeniería. (Tesis de grado previo a la obtención del Título de Ingeniero Mecánico). Escuela Politécnica del Ejército. Sangolquí, Pichincha.
- Mete, M. R. (2014). Valor Actual Neto y Tasa de Retorno: se utilidad como herramientas para el análisis y evaluación de proyectos de inversión. *FIDES ET RATIO*, 67-85.
- Naylamp. (2019). Sensor de temperatura. Obtenido de <https://naylampmechatronics.com/sensor-estemperatura-y-humedad/322-sensordetemperatura-pt100-3-hilos.html> Ñaupas Paitán, H., Valdivia Dueñas, M. R.,
- Palacios Vilela, J. J., & Romero Delgado, H. E. (2018). Metodología de la Investigación cuantitativa-cualitativa y redacción de la tesis. Bogotá: Ediciones de la U. Oviedo, U. d. (noviembre de 2014). AUTÓMATAS PROGRAMABLES. Obtenido de [http://isa.uniovi.es/docencia/iea/teoria/plc\\_resumen.pdf](http://isa.uniovi.es/docencia/iea/teoria/plc_resumen.pdf)
- Parra, P. (2017). Modelación de un proceso de secado de cacao utilizando una cámara rotatoria cilíndrica y flujo de aire caliente (Tesis doctoral en Ingeniería con Mención en Automatización, Control y Optimización de Procesos). Piura, Perú: Universidad de Piura. Facultad de Ingeniería.
- Portillo, E; Graziani L. y Cros E. (2006.). Efectos de algunos factores post-cosecha sobre la calidad sensorial del cacao criollo porcelana (*Theobroma cacao* L. *Revista de la Facultad de Agronomía (LUZ)*., 23, p. 49-57. 53
- POSCOSECHA CACAO. (agosto de 2017). Métodos de secado de cacao. Obtenido de <http://poscosechacacao.blogspot.com/2017/08/metodos-de-secado-de-cacao.html>

- Quintanilla, G. (29 de marzo de 2017). Análisis Físico de los granos de cacao. El Salvador
- Quiroz, J. (2012). Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Estudio Caso Ecuador. III Congreso Brasileiro Do Cacao, Innovación Tecnología y Sustentabilidad. Brasil.
- Rodríguez Jiménez, A., & Pérez Jacinto, A. O. (2017). Métodos científicos de indagación y de construcción del conocimiento. Revista Escuela de Administración de Negocios, núm. 82, 126.
- Rojas Cairampoma, M. (2015). Tipos de Investigación científica: Una simplificación de la complicada incoherente nomenclatura y clasificación. REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria, vol. 16, 1-15.
- Saincal. (16 de enero de 2015). El quemador, la chispa que enciende tu confort. Obtenido de <https://www.saincal.com/elquemador-la-chispa-que-enciende-tuconfort/>
- Sandy, X., Reza, C., Espinoza, J., & Arellano, G. (2015). Control de fermentado y evaluación de un prototipo de secador con ambiente controlado para cacao. Bolivia: Wildlife Conservation Society (WCS).
- Siemens. (1 de mayo de 2017). Motores y ventiladores. Obtenido de [https://www.industry.siemens.com/home/aan/es/ecuador/Documents/LISTAPRECI\\_OSSIEMENSMAY17.pdf](https://www.industry.siemens.com/home/aan/es/ecuador/Documents/LISTAPRECI_OSSIEMENSMAY17.pdf)  
InstrumentacionyControl.net:  
<https://instrumentacionycontrol.net/control-on-off-o-todo-nada/>
- Vita Feed. (15 de 11 de 2019). Obtenido de <https://www.vitafeed.com.ec/index.php/productos/content/calentador-indirectomaster-bv-77-e>