

Rediseño, Montaje y Estandarización Operativa del Secador Solar de Semillas en la Hacienda La Cosmopolitana

Redesign, Installation and Operational Standardization of Solar Seed Dryer in the “Hacienda La Cosmopolitana”

Luis Miguel Casabianca; Victor Alfonso Velandia C; Didier Jean Paul Roldan O; Natalia Bermudez P; Cristian Rocha L; Ivan Nicolas Barrero

Resumen



El desarrollo de este proyecto plantea la estandarización operativa de un secador solar ubicado en la Hacienda La Cosmopolitana. Durante el trabajo en campo se observó que la estandarización del proceso es esencial para el correcto funcionamiento del secador, ya que en este se produce el secado de semillas del cacao, producto de gran importancia para la Hacienda. Para lograr que este proceso sea eficiente, fue necesario realizar el registro de variables esenciales como temperatura y humedad en un periodo de tiempo y así poder abstraer información relevante del comportamiento climatológico en esa zona junto a la bibliografía respectiva. La temperatura y humedad se midieron con un dispositivo diseñado para tal fin y se comparó la información suministrada con un dispositivo (para la variable temperatura) mediante un termómetro de máximo y mínimo. De acuerdo al estado inicial en que se encontró el secador, se rediseñó el mismo con el fin aprovechar mejor el espacio, dar una mejor distribución del calor, controlar la humedad y estandarizar el proceso.

Palabras clave: Energía Solar, Temperatura, Humedad, Secador, Estandarización, Flujo de aire, Cacao.

Abstract



During the development of this project we want to obtain an operational standardization of solar dryer that is located in the Hacienda La Cosmopolitana. During field work we found that the standardization process is required, especially with respect to the seed's drying from cocoa, looking like high potential economic benefits product. To make this activity efficient, registration was necessary, variables such as temperature, time and humidity over a period of time one day to be able to abstract relevant information of climate behavior in that area. The temperature and humidity were measured with a device designed for that purpose and the information provided by the device in the temperature variable is corroborated by a maximum and minimum thermometer. According to the dryer's state, it was redesigned in order to maximize space, provide better heat distribution, control humidity and standardize the process.

Keywords: Solar Energy, Temperature, Humidity, Redesign, Standardization, Air flow, Cacao.

Recibido / Received: Mayo 04 de 2015 Aprobado / Approved: Mayo 29 de 2015

Tipo de artículo / Type of paper: Investigación Científica y Tecnológica.

Afiliación Institucional de los autores / Institutional Affiliation of authors: Universidad El Bosque. Facultad de Ingeniería, Programa Ingeniería Ambiental.

Autor para comunicaciones / Author communications: Luis Miguel Casabianca, casabiancaluis@unbosque.edu.co

Los autores declaran que no tienen conflicto de interés.

Introducción

La Hacienda la Cosmopolitana es un centro agroecológico ubicado en el Km 7.5. Vía San Nicolás, Vereda la Floresta, municipio de Restrepo – Meta. Allí se manejan sistemas de producción orgánica de clima tropical, buscando con ello la sostenibilidad y conservación de los recursos naturales. La Hacienda posee diversos sistemas de producción y transformación de materias primas; uno de ellos es el secador solar, punto clave de esta investigación.

El secador solar de la Hacienda la Cosmopolitana posee un rendimiento deficiente de acuerdo a los parámetros encontrados por los investigadores y a través de entrevistas no estructuradas con los trabajadores de la Hacienda. Estos parámetros se delimitaron a las variables de tiempo y efectividad del secado y estado estructural del secador. Con estos parámetros definidos, se procedió a realizar un análisis de causa efecto, en este se encontró un bajo rendimiento debido a la inadecuada distribución del área de trabajo, pérdidas en la calidad de la semilla, menores ingresos en ventas y un estado estructural no apto para el proceso de secado.

Identificadas estas falencias, se plantea como objetivo general Realizar la estandarización del secador solar mediante instructivos de operación del manejo con el fin de incrementar el rendimiento respecto a la calidad de la semilla producida en la Hacienda La Cosmopolitana. Los objetivos específicos radican en: Rediseñar y construir el secador Solar con el fin de mejorar su rendimiento. Implementar un dispositivo de medición de temperatura y humedad utilizando Arduino con la finalidad de conocer las tendencias de estas variables a lo largo del día. Por último, desarrollar el instructivo de operación del secador solar.

Marco teórico

Secador solar

El secador solar es un dispositivo que remueve la humedad de la semilla principalmente para mejorar la calidad del producto; evita el daño por microorganismos y ayuda a la preservación por períodos prolongados. [14]

Operación del secador solar

El funcionamiento de los secadores solares se basa en la captación de energía lumínica con el fin de aumentar la temperatura en un recinto cerrado dispuesto para secar o deshidratar alimentos para mejorar la preservación de los mismos, ya que inhibe el crecimiento de microorganismos que provocan la descomposición de los alimentos. [6][8]

Los dos elementos básicos de un secador solar son: el colector, donde la radiación calienta el aire junto con la cámara de secado, donde se encuentra el producto para ser deshidratado. [2]

En cuanto los métodos de operación de un secador dan lugar a dos alternativas:

Secado en tandas

El producto es cargado en una sola tanda y la misma no es retirada hasta que esté completamente seca (0 a 10% de humedad). Todo el producto dentro del secador va pasando de un estado húmedo a un estado seco de forma paulatina. Permite un diseño más sencillo del proceso de carga y movimiento del producto dentro del equipo, por lo que resulta apropiado en secadores pequeños y medianos. [8][6]

Secado continuo

El producto se va cargando y descargando en tandas parciales. Dentro del mismo secador se encuentra una parte de producto húmedo y otra casi seca. El período entre cargas de las tandas varía de acuerdo al diseño. En algunos casos la carga y descarga parcial se realiza una vez por día. En otros casos se puede llevar a cabo varias veces en el mismo día. Estos secadores pueden ser de convección natural o forzada. [8]

Tiempo de secado

En un secador solar independiente del producto se debe tener en cuenta los tres periodos en tiempos de secado los cuales son:

Primer Período:

Es este período de calentamiento inicial del producto en el cual la velocidad de secado en función del tiempo aumenta.

Segundo Período:

Es este lapso la velocidad de secado permanece constante y es independiente del sólido, de modo que para las mismas condiciones externas, el proceso es similar al que se daría en la superficie de una masa de agua.

Tercer Período:

Una vez que la humedad superficial ha sido eliminada, la humedad internamente comienza a ser eliminada pero, en consecuencia, la velocidad del secado decrece a medida que se va perdiendo humedad interna por evaporación en la superficie. [2][8]

Theobroma cacao L (Cacao)

La semilla de cacao es el principal producto que se evidencio como prospecto en la Hacienda la Cosmopolitana, este es obtenido después de su extracción de las mazorcas, seguido de una fermentación y un posterior secado. La semilla de cacao tiene buenas oportunidades de mercado dada su alta demanda y su compra inmediata por parte de los comerciantes.

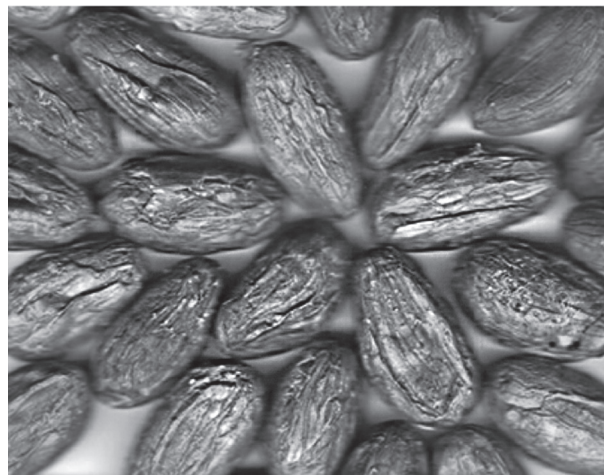
El secado de los granos de cacao se debe realizar con condiciones óptimas para evitar su deterioro y la formación de moho; según la organización mundial del cacao las condiciones establecidas son: humedad máxima del 7.5% y temperatura máxima de 65°C. El secado del grano se puede hacer de dos formas, artificial y solar siendo esta última la más utilizada en los países suramericanos y africanos. El secado solar consiste en exponer a los granos de cacao a los rayos solares durante un periodo de tiempo determinado. El proceso comienza al organizar los granos de cacao en bandejas, tapetes o un piso de concreto y dejarlos al sol, cabe destacar que en los momentos de lluvia deben ser cubiertos, si todas las condiciones son óptimas, el grano estará listo en aproximadamente una semana para ser utilizado en la preparación de chocolate. [3][5][12][13]

Ilustración 1. Planta de cacao



Fuente. http://rutasyviajesperu.com/Admin/images/galeria/Cacao2_0bfbf6.jpg

Ilustración 2. Semilla de cacao



Fuente. http://www.floresyplantas.net/file/Semillas_de_cacao.jpg

Sensor a implementar. DHT11

Es un sensor compuesto contiene calibrado una salida de señal digital de la temperatura y la humedad. Incluye una medición de la humedad de tipo resistivo y posee un margen de error en la humedad del $\pm 5\%$ y un componente de medición de temperatura NTC en el cual se refleja un margen de un $\pm 2^\circ\text{C}$. [4][7]

Metodología

Rediseño y dimensiones del secador solar

Se dimensionará el área del secador por medio de un flexómetro. Se tomarán las medidas internas y externas de la estructura con la finalidad de aprovechar al máximo el plástico suministrado por la Hacienda. Se calcularán las áreas útiles disponibles dentro del secador con la finalidad de diseñar los estantes de secado (Anexo 1).

Identificación del producto principal de secado

Se realizará una consulta a los trabajadores de la hacienda a través de entrevistas no estructuradas sobre el tipo de semillas que usualmente son secadas en el secador solar. Se busca encontrar la semilla que brinde un mayor beneficio (económico y productivo) para la Hacienda La Cosmopolitana.

Diseño del dispositivo

Se buscará información acerca de los sensores que están disponibles en el mercado y se comprarán los materiales correspondientes para la elaboración del dispositivo. Con esta información se procederá a programar el sensor en Arduino.

Lista de materiales:

- Arduino Uno.
- LCD 16*2.
- Potenciómetro.
- Resistencia de 10kΩ.
- Caja eléctrica.
- Pila de 9v.
- Sensor DHT11.

Medición de Temperatura y Humedad

Se realizará un registro de la temperatura a intervalos de 1 hora durante el día, utilizando un termómetro de máxima y mínima marca Brixco; La humedad Relativa (H.R.) se registrará mediante el dispositivo construido

por los autores en el mismo intervalo de tiempo de 1 hora. Este dispositivo entregará la información para el manejo del secador y sus variables.

Diseño y evaluación del instructivo de operación del secador solar

Teniendo en cuenta la teoría y los resultados se elaborará el instructivo de operación del secador solar. Para este se elaborará una encuesta con una serie de preguntas enfocadas a evaluar y cuantificar la funcionalidad del instructivo. Esta se aplicará a cinco personas que no están relacionadas con el tema, identificando así la claridad de la herramienta.

Resultados

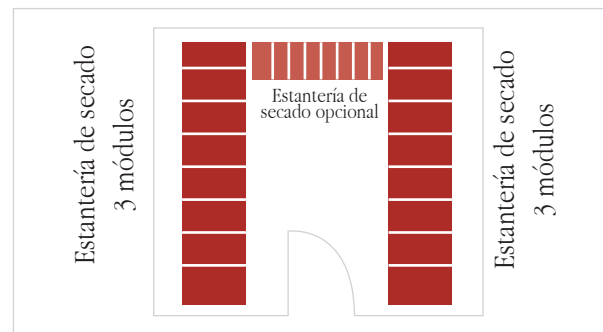
Rediseño y encerramiento del secador

A partir del dimensionamiento de la estructura del secador solar, se obtuvieron las áreas efectivas del mismo y, con base en ellas, se generó el plano respectivo mediante el uso del programa SolidEdge V20 (Ver anexo 1), obteniéndose los siguientes datos y plano estructural:

Tabla 1. Medidas del invernadero

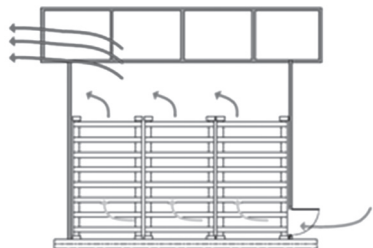
Largo	3m
Ancho	3,4m
Niveles viables	3
Bloques de Secado	2
Área del secador	10,2 m ²
Área de trabajo óptimo por nivel	2,4 m ²

Ilustración 3. Nueva organización - Secador vista de planta



De acuerdo al diseño realizado, se dejó la parte anterior - superior como zona de salida del aire caliente y la zona posterior - inferior del secador como entrada de aire, con ello se pretende una circulación de aire debido a la convección natural del aire caliente: a causa de una menor densidad el aire caliente tiende a subir arrastrando aire frío por la parte inferior.

Ilustración 4. Flujos de aire - Vista Lateral



Se realizó el encerramiento del secador solar con plástico calibre 8 como se evidencia en la ilustración 4 y 5.

Ilustración 4. Condiciones iniciales del Secador Solar



Fuente: Los autores

Ilustración 5. Condiciones finales del Secador Solar



Fuente: Los autores

En torno a la distribución interna del secador, se planteó un sistema de bandejas. Estas se encuentran a una altura de 60 cm con respecto al suelo (0 cm). Esto permite una mejor circulación del aire por debajo de esta, favoreciendo la disminución de humedad optimizando el proceso de secado.

De igual manera el espacio se encuentra mejor distribuido (Ver anexo 1 - bandejas), siendo el área total aprovechable de 14.4 m², área total obtenida de la sumatoria de los diferentes niveles de las bandejas dispuestas para el secado. La malla de las bandejas, al ser de material plástico tipo mosquitero, permite que el aire pase más fácilmente de un nivel a otro, conservando la temperatura y permitiendo una disminución de la humedad.

Identificación del producto principal

De acuerdo con la información suministrada por los trabajadores de la Hacienda, el producto principal que requiere el uso del secador es la semilla de cacao ya que este es un cultivo constante, y en el mercado la semilla cuesta entre 4.000 y 5.000 COP el kg, en comparación con otras semillas producidas en la Hacienda.

Se identificaron cerca de 800 individuos productivos dentro de la hacienda, lo que permite cuantificar la producción teórica de cacao al mes. A continuación se presenta la cuantificación mensual de producción de cacao.

Producción de semilla de cacao seco x 800 individuos:

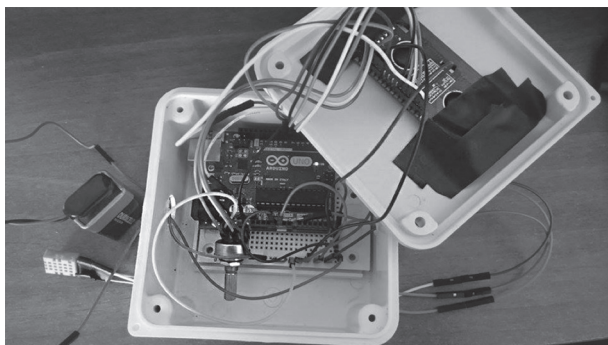
25 Kg / 20 días (37.5 Kg /mes).

Se cuantifico el tiempo necesario para el secado de esta semilla; se estimó que de acuerdo a las condiciones encontradas en la bibliografía y a las registradas en la hacienda, el secado de la semilla de cacao tardará entre 5 a 6 días.

Dispositivo diseñado

Con respecto al diseño esquemático del circuito y a la programación del dispositivo diseñado que quedo en la hacienda en funcionamiento se sugiere ver el Anexo 3 y 4. A continuación se presenta una imagen del dispositivo abierto antes de su instalación.

Ilustración 6. Vista interior del dispositivo



Fuente: Los autores.

El dispositivo fue instalado en el interior del secador, en la parte posterior a un 1 metro de altura, con el fin de garantizar la uniformidad de toma de los datos.

Temperatura y Humedad en el invernadero

El primer día se realizó el proceso de adecuación del secador solar y se tomó la temperatura y el porcentaje de humedad dentro del secador solar. Los datos fueron tomados con el termómetro de máximos y mínimos. Con estos datos se calibró el dispositivo y se construyó la siguiente tabla que presenta las variaciones de las variables humedad y temperatura dentro del secador solar a lo largo del día.

Tabla 2. variación de la temperatura y humedad en el invernadero.

Día	Hora	Temperatura °C	Humedad
	06:16 a. m.	25	80%
	07:16 a. m.	25	79%
	08:16 a. m.	27	77%
	08:16 a. m.	33	76%
2	09:06 a. m.	34	73%
	09:30 a. m.	38	71%
	10:30 a. m.	39	70%
	11:30 a. m.	40	65%
	12:30 p. m.	42	63%

Día	Hora	Temperatura °C	Humedad
	01:30 p. m.	42	64%
	02:15 p. m.	40	65%
2	05:50 p. m.	30	76%
	06:40 p. m.	28	78%
	07:10 p. m.	28	78%
	07:00 a. m.	24	80%
	08:10 a. m.	26	78%
3	09:20 a. m.	30	78%
	10:30 a. m.	33	79%
	11:25 a. m.	35	76%
	12:10 p. m.	37	70%

Humedad promedio: 74%

Temperatura promedio: 32,5 °C

Ver graficas de la tabla en Anexo 5 y 6.

En torno a la estratificación térmica (variación de la temperatura con respecto a la altura en la que se encuentra la bandeja), se realizaron mediciones a diferentes alturas dentro del secador solar y se determinó que la temperatura aumenta 1°C cada 1.10 m, para establecer lo anterior, se midió la temperatura cada 10 cm y se resume en la siguiente tabla.

Tabla 2. variación de la temperatura y humedad en el invernadero respecto a la altura

Altura cm	Temperatura °C	Humedad %HR
10	28	81
40	28	78
70	28	79
110	29	79

Diseño y evaluación del instructivo de operación del secador solar

Se desarrolló un instructivo (ver anexo 2) para mejorar y estandarizar el uso del secador solar en la hacienda. Adicionalmente se creó una encuesta para evaluar el

funcionamiento del instructivo y su capacidad de transmisión de conocimiento. Esta encuesta fue aplicada a 5 personas que no presentaban ninguna relación con el tema para así medir la claridad de la información entregada, ya que en la hacienda, esta información será utilizada por personas que presentan esta misma condición. Las personas tenían conocimiento del instructivo, lo leyeron y luego se procedió a realizar la encuesta evaluativa de la herramienta. Se les asignó un valor igual a uno (1) a cada una de las preguntas para un total de 5 puntos posibles, los resultados se acumularon y se obtuvo la participación de cada uno como porcentaje. Los resultados que se obtuvieron se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 3. Evaluación del instructivo del secador solar

Pregunta	Respuesta	
	Correcta	Incorrecta
¿Cómo es el flujo de aire en el secador solar?	2	3
¿Cuál es el objetivo de aplicar el dispositivo (circuito)?	4	1
¿Comprendió todos los pasos que se deben seguir para secar las semillas y hojas?	5	0
¿Cómo debe ser la distribución de las semillas en la bandeja?	4	1
¿Cuáles variables son importantes en el secador?	5	0
Total	20	5

Total puntos posibles: 25

Total respuestas correctas: 20

Participación: 80%

Total respuestas incorrectas: 5

Participación: 20%

Discusión de Resultados

El circuito realizado posee un sensor DHT11 el cual se decidió utilizar ya que este tiene la capacidad de medir la temperatura y la humedad del ambiente; este se encuentra conectado a una entrada digital de Arduino. Adicional a esto, el circuito tiene una pantalla LCD donde se pueden visualizar los datos que lee el DHT11 cada 5 segundos, el

contraste se adecua con un potenciómetro. De acuerdo a los datos arrojados por el dispositivo, se establece que la temperatura promedio dentro del secador solar es de 32,5 °C y la humedad relativa promedio es 74%, esto se calcula según la Tabla 2. Cabe anotar que la implementación de este dispositivo Arduino como hardware base en la construcción del registrador de variables nos da la posibilidad de poder realizar el montaje de otro tipo de instrumentos (barómetro, control en tiempo real...) ampliando la capacidad del mismo y con ello obtener un análisis más profundo del sistema de secado. Esto, a corto plazo permitirá la recolección de datos, la variación de los mismos y a través del análisis e interpretación de estos, mejorar las condiciones de manejo del secador y así aumentar la producción dentro del secador solar.

Luego del montaje del dispositivo, se evidenció que la diferencia entre el termómetro de mínima y máxima respecto al sensor del dispositivo implementado se encuentra entre +/- 1 °C. Este es un valor aceptable teniendo en cuenta que la construcción del dispositivo fue realizada en campo.

Estos valores de acuerdo con la bibliografía muestran que la temperatura está por debajo del óptimo de secado (máximo 65°C). De igual manera no se está teniendo en cuenta la temperatura dentro de las bandejas de secado ya que no se habían instalado para ese momento. Se espera que la temperatura de las bandejas aumente entre 10 y 15 °C la temperatura para el secado de las semillas. De igual manera se deben realizar una serie de pruebas en relación al tiempo de secado teniendo en cuenta la temperatura que se muestreo dentro del secador solar. [4] [7]

El tipo de secador con el cual se trabajó es de flujo ascendente, por lo que se determinó usar la misma estructura del secador anterior dada su buena conservación; el primer día en la hacienda se realizó el proceso de forrar la estructura en plástico calibre 8, el cual fue proporcionado por la Hacienda. Se utilizaron dos segmentos de plástico con el cual se cubrió la totalidad de las paredes incluyendo la puerta la cual hizo parte integral del secador. Por ende se dispuso este día solo para adecuación y los siguientes para medición de variables. En comparación con otros sistemas de secadores solares el de la hacienda es un secador que posee características del secador de tipo de túnel debido a la distribución de

las bandejas dentro de este. También características del secador de tipo carpa debido al flujo de aire que pasa por las bandejas que contienen las semillas. [6][1]

El rediseño del secador solar se planteó basado en la estructura original cambiando las áreas internas para mejorar la organización, planteando que las bandejas se encuentren a una altura de 60cm del suelo que permite una mejor circulación del aire por debajo de esta, favoreciendo la disminución de humedad. De igual manera el espacio está mejor distribuido, optimizando el proceso de secado, siendo el área total aprovechable de 14.4 m². , además de que la malla de las bandejas permite que el aire pase más fácilmente de un nivel a otro y esto permite disminuir la humedad. [10][11]

Se decidió tomar la estructura inicial por sus características expuestas anteriormente; adicionalmente esta estructura está acorde con los secadores de tipo carpa, por lo cual favorece los factores para un buen secado, ya que permite el flujo constate del aire; este calienta el aire en temperaturas de 40-70°C, ocasionando que se disminuya la humedad y se realice el proceso de secado de la semilla. De acuerdo a estos valores, si se cumplirían los valores de T° y Humedad identificados en la bibliografía. A diferencia otros tipos de secadores como el de túnel, que se beneficia al manejar el espacio al utilizar bandejas en serie, se plantea para la Hacienda que las bandejas se coloquen en columnas para que el flujo de aire caliente sea ascendente y favorezca la recirculación del aire, disminuyendo la humedad en las semillas. [6][14][15]

En las gráficas del anexo 5 y 6, se evidencia que la temperatura y la humedad relativa son inversamente proporcionales, con esto se puede lograr que la humedad relativa baje por medio de la modificación de la temperatura del aire que pasa por la semilla, con el fin de lograr que la semilla comience a transferir la humedad al ambiente, ya que las semillas presentan higroscopicidad. Cuando la humedad relativa es mayor a 75%, el contenido de humedad de la semilla aumenta, debido a esto cuando la semilla de cacao se encuentra en las condiciones más óptimas para perder humedad será en el rango de tiempo entre las 09:30am hasta las 2:15pm, debido a que la humedad relativa no supera los límites y en ese momento la temperatura del aire es adecuada para que la semilla tenga un buen secado. [8][9][10]

De las 11:30am hasta las 2:15pm la humedad es igual o inferior al 65% en el invernadero (como se evidencia en la tabla 2), lo que evitará la proliferación de microorganismos en la semilla de cacao, ya que se ha demostrado que estos se encuentran mayoritariamente en temperaturas entre -8°C y 80°C, pero con una humedad relativa superior al 65%. [11]

Teniendo en cuenta la teoría y los resultados se elaboró el instructivo de operación del secador solar. Para realizar la evaluación del se realizó una encuesta a cinco personas que no conocen del tema. Estas respondieron correctamente el 80% de las preguntas realizadas (como se evidencia en la tabla 3), esto indica que el instructivo es funcional en un 80%, lo cual indica que deben realizarse algunos ajustes con el fin de llegar al 100%. Al analizar la pregunta: “¿Cómo es el flujo de aire en el secador solar?”, se pudo determinar que en el instructivo no es claro respecto al tema del flujo de aire que circula por el secador para poder secar las semillas. Esto indicó el factor o parámetro que se debe modificar con el fin de aumentar el porcentaje de entendimiento del instructivo. [2][6][9][14][15]

Conclusiones

Se construyó el secador Solar, y se propuso el diseño y distribución interna de las camas de secado de acuerdo a las especificaciones de las semillas, la infraestructura existente y las condiciones ambientales de la zona y así mejorar la circulación del aire optimizando el diseño y la calidad de secado.

Se implementó un dispositivo de medición de temperatura y humedad utilizando Arduino, viendo que las variables temperatura y humedad son inversamente proporcionales. De igual forma se identificó que dentro del secador existe una estratificación térmica de acuerdo a la altura que se mida dentro del secador.

Se estableció que desde las 09:30am hasta las 2:15pm se dan las condiciones óptimas para el secado del cacao en el invernadero de la Hacienda la Cosmopolitana.

Se logró realizar un instructivo que en un 80% fuese entendible para el público, lo cual indica que se debe mejorar con el fin de obtener un 100% de entendimiento con el fin de obtener los mejores resultados en torno al manejo del secador.

Referencias

- [1] Universidad Veracruzana. (2013). Diseño y construcción de un secador solar. [En línea] Disponible en: <http://www.uv.mx/personal/avidal/files/2013/06/Secador-Solar.pdf>
- [2] Universidad Autónoma Metropolitana. Manual de construcción y operación de una secadora solar [En línea] Disponible en: http://cbi.izt.uam.mx/iph/archivos_profesores/50/archivos/4f197.pdf
- [3] International Cocoa Organization. (2010). Drying cocoa beans. [En línea] Disponible en: <http://www.icco.org/faq/59-fermentation-a-drying/110-drying-cocoa-beans.html>
- [4] Texas Instruments. (2015). LM35 precision centigrade Temperature sensors. [En línea] Disponible en: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm35.pdf>
- [5] Quesnel, V. C., & Jugmohunsingh, K. (2006). Browning reaction in drying cacao. [En línea] Disponible en: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/jsfa.2740211011/abstract;jsessionid=DA86CD4660BA67F1105E8FB5CEABEBE6.f03t01>
- [6] Pontificia Universidad Javeriana. (2009). Manual de operación y funcionamiento secador solar hibrido tipo invernadero para guadua. [En línea] Disponible en: http://www.javerianacali.edu.co/sites/ujc/files/node/fielddocuments/field_document_file/manual_seacdor_tec-shs-50.pdf
- [7] D-Robotics. (2010). DHT 11 Humidity & temperature sensor. [En línea] Disponible en: <http://www.micropik.com/PDF/dht11.pdf>
- [8] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2006) Parámetros del secado de granos. [En línea] Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/x5059s/x5059S02.htm>
- [9] Revista Digital del Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias de Venezuela (2005) Almacenamiento de semillas: Estrategia básica para la seguridad alimentaria [En línea] Disponible en: http://www.sian.inia.gov.ve/repositorio/revistas_tec/ceniaphoy/articulos/n4/texto/mcerovich.htm
- [10] Revista Internacional de Semillas. (2014). Calidad de las semillas: Humedad y Temperatura [En línea] Disponible en: http://www.seednews.inf.br/_html/site_es/content/reportagem_capa/imprimir.php?id=217
- [11] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2006) Agentes de degradación de los granos. [En línea] Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/x5041s/x5041s04.htm>
- [12] Lutheran World Relief (2013) Cosecha, fermentación y secado del cacao. [En línea] Disponible en: http://www.ruta.org/CDOC-Deployment/documentos/19_Guia_8_Beneficiado.pdf
- [13] Escuela de Ingeniería de Antioquia. (2010). Análisis del proceso de deshidratación de cacao para la disminución del tiempo de secado. [En línea] Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/eia/n13/n13a05.pdf>
- [14] Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. (2005). Guía de uso de secadores solares. [En línea] Disponible en: <http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/FIELD/Montevideo/pdf/ED-Guiasecaderosolar.pdf>
- [15] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2006) Secado de la semilla. [En línea] Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/006/q2180s/Q2180S11.htm>

Los Autores



Luis Miguel Casabianca Gonzalez

Docente Investigador, Ecólogo Pontificia Universidad Javeriana; Especialista en Gerencia de proyectos Universidad El Bosque. Docente de apoyo en los semilleros de Biorremediación de ecosistemas acuáticos y Movilidad Sostenible de la Universidad El Bosque.



Victor Alfonso Velandia C.

Estudiante 5 semestre de Bioingeniería con experiencia en agroindustria y alimentos procesados, actualmente laborando en la empresa Alpina S.A, me gusta la investigación y la reingeniería de procesos, alta capacidad de análisis y creatividad.



Didier Jean Paul Roldán Olarte

Estudiante de quinto semestre de Bioingeniería de la universidad El Bosque. Interesado en la investigación de ingeniería de tejidos. Actualmente pertenece al grupo EMB de IEEE.



Natalia Bermúdez Pinzón

Estudiante de quinto semestre de Bioingeniería de la Universidad El Bosque ejercer como estudiante en el área de los bioprocesos e ingeniería de tejidos.



Cristian Rocha León

Estudiante de quinto semestre de bioingeniería de la universidad del bosque., actualmente pertenece al grupo EMB de IEEE.



Ivan Nicolas Barrero

Estudiante de quinto semestre de bioingeniería.