

Nuevo diseño y aplicación para secadores solares activos y pasivos en la región Huetar Norte de Costa Rica

New design and application for active and passive solar dryers in the Huetar Norte region of Costa Rica

Tomás de Jesús Guzmán-Hernández¹, Javier Mauricio Obando-Ulloa²,
Guillermo Castro-Badilla³, Valentina Arguelles-Ulloa⁴,
Jacobó Ortiz-Martínez⁵

Fecha de recepción: 31 de octubre de 2020

Fecha de aprobación: 27 de enero de 2021

Guzmán-Hernández, T.J; Obando-Ulloa, J.M; Castro-Badilla, G; Arguelles-Ulloa, V; Ortiz-Martínez, J. Nuevo diseño y aplicación para secadores solares activos y pasivos en la región Huetar Norte de Costa Rica. *Tecnología en Marcha*. Vol. 35-1. Enero-Marzo 2022. Pág 79-89.

 <https://doi.org/10.18845/tm.v35i1.5319>

1 Doctor en Ciencias Agronómicas; coordinador del programa de Doctorado en Ciencias Naturales para el Desarrollo (DOCINADE), Campus Tecnológico Local San Carlos, Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica.

Correo electrónico: tjguzman@itcr.ac.cr

 <https://orcid.org/0000-0002-2719-8550>

2 Doctor en Tecnología Agraria y Alimentaria; docente de la Escuela de Ingeniería en Agronomía e investigador del Programa de Doctorado en Ciencias Naturales para el Desarrollo (DOCINADE), Campus Tecnológico Local San Carlos, Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica.

Correo electrónico: jaobando@tec.ac.cr

 <https://orcid.org/0000-0002-8857-904X>

3 Ingeniero en Electrónica; docente e investigador de la Escuela de Ingeniería Electrónica, Campus Tecnológico Local San Carlos, Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica. Correo electrónico: gucastro@itcr.ac.cr

 <https://orcid.org/0000-0002-7159-9845>

4 Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica.

Correo electrónico: valentina.arg.09@gmail.com

5 Licenciado en Ciencias Ambientales; Unidad Académica de Ciencias de la Tierra, Benemérita Universidad Autónoma de Zacatecas. México.



Palabras clave

Agricultura; agroindustria; energía solar; sistemas de secado solares forzados; pasivos autónomos.

Resumen

Los sistemas térmicos solares emplean radiación solar para calentar un fluido, generalmente, constan: de colectores solares que absorben la luz y cubierta de vidrio que protege la instalación y permite conservar el calor, produciendo un efecto invernadero. Según el propósito de uso y las condiciones del lugar pueden presentar modificaciones. Dichos sistemas pueden adaptarse en actividades como la agricultura, por ello, se implementó los sistemas térmicos solares activos forzados híbridos modificados, así como los sistemas pasivos autónomos en diferentes unidades productivas agrícolas y agroindustriales en la región Huetar Norte de Costa Rica. La instalación de estos sistemas se realizó a través de un programa local piloto, financiado por instituciones gubernamentales, desde el 2016 al 2019 para mejorar el proceso de secado de los productos agrícolas en comparación con los sistemas tradicionales. Se pretende que, con el uso de estos sistemas, se logre disminuir los gases de efecto invernadero, tanto a nivel local como global y que estos sistemas sean una alternativa de producción limpia que mejore la eficiencia energética de pequeños y medianos productores. Los sistemas híbridos forzados están equipados con registro de datos computarizados. Al más actual, se le diseñó y aplicó un suelo radiante, y al pasivo se le adicionó un sistema fotovoltaico de 1 K, el cual le da autonomía. Los resultados han permitido verificar que las unidades productivas beneficiadas mejoraron sus procesos productivos al reducir los tiempos de trabajo y al aumentar la eficiencia de los procesos, la calidad e inocuidad de sus productos.

Keywords

Agriculture; agro-industry; solar energy; forced and passive autonomous solar drying systems.

Abstract

Thermal solar systems use solar radiation to heat a fluid, generally consist of solar collectors that absorb the light and a glass cover that protect installation and maintains the heat producing a greenhouse effect. Depends of the use and place conditions can present modifications. These systems can adapt in agricultural activities thus was implemented the modified hybrid forced active solar systems as well as autonomous passive systems in different agricultural and agro-industrial productive units in the Huetar Norte region of Costa Rica. Through a local pilot program, were financed by governmental institutions from 2016 to 19, with a view to improving the drying process of agricultural products compared to traditional systems. It is intended that, with the use of these systems, greenhouse gases will be reduced, locally and globally, and these systems are a clean production alternative that improves the energy efficiency of small and medium producers. The hybrid forced systems are equipped with computerized devices for data recording. The most current, it was designed and applied a radiant floor, and the passive was added a photovoltaic system of 1 K, which gives it autonomy. The results have made it clear, the production units that were benefited improved their production process by reducing working times and increasing the efficiency of the process the quality and safety of their products.

Introducción

La agricultura es una de las principales actividades productivas de Costa Rica y es uno de los sectores de mayor impacto económico, social y ambiental [1],[17]. En el 2018 dicha actividad representó un 71,5 % del valor agregado agropecuario (VAA) [2]. Este porcentaje muestra el impacto que tiene a nivel nacional, por lo que es necesario impulsarlo, sobre todo si se toma en cuenta que de este sector el 79 % son pequeños productores [3], [18].

Una de las claves para impulsar la agricultura es la transferencia de tecnología al campo que se traduzca en mejoras económicas, en tiempo y mano de obra para lograr que su productividad sea mayor.

Ante dicho panorama, el área académica del Programa de Doctorado en Ciencias Naturales para el Desarrollo (DOCINADE) del Instituto Tecnológico de Costa Rica, Campus Local San Carlos (CLSC-ITCR) aplica la investigación y extensión de proyectos en energía solar para el desarrollo de la Región Huetar Norte del país. El DOCINADE se ha propuesto aplicar proyectos basados en tecnologías de secado solar, considerando el potencial solar de Costa Rica [9], como una opción viable de energía limpia y adaptando diferentes elementos a los equipos dependiendo de las necesidades del productor y del lugar.

El secado

La energía solar es utilizada, efectivamente, para el secado controlado de productos agrícolas y evitar las pérdidas entre cosechas y consumo. La alta humedad hace que los cultivos sean propensos a infección por hongos, ataque de insectos y plagas. Los secadores solares remueven la humedad sin el ingreso de polvo, y el producto puede ser preservado por un periodo más largo de tiempo [10],[12].

Por lo anteriormente expuesto, el objetivo de este trabajo es mostrar los resultados obtenidos de la implementación de sistemas térmicos solares activos y pasivos en actividades productivas agropecuarias para el secado del cacao (*Theobroma cacao* L), instalados en las localidades de: Katira de Guatuso, el Tanque de la Fortuna y el Campus Local San Carlos del Instituto Tecnológico de Costa Rica (CLSC-ITCR).

Metodología

A raíz de los resultados favorables obtenidos de los proyectos en lecherías por los sistemas solares térmicos [19], surge la idea de diseñar un sistema de secado solar para productos agrícolas de la región, partiendo de la capacitación que se dio a un grupo de productores de cacao [5]. Es así como, desde el año 2016 el DOCINADE comienza el diseño y construcción de prototipos, siendo financiados por el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), el Instituto Nacional de Desarrollo Rural (INDER), la Fundación para el Fomento y Promoción de la Investigación y Transferencia de Tecnología Agropecuaria de Costa Rica (FITTACORI) y el Programa Universitario de Regionalización del Instituto Tecnológico de Costa Rica (PUR-ITCR). De esta forma, se logró la integración del sector académico, gubernamental y productivo para implementar sistemas de tecnología solar, enfocados especialmente en el secado y deshidratación de frutas y semillas.

Se inició la búsqueda exhaustiva de información relacionada con el tema para la cual se tomó en cuenta las condiciones agrícolas y climáticas de Costa Rica. El sitio de investigación es la Región Huetar Norte, una de las principales regiones agropecuarias que presenta una irradiación solar de 1500 - 1900 kWh/m² lo cual la hace idónea para la aplicación de estas tecnologías [4].

Se han desarrollado cuatro sistemas, que actualmente sirven para producción, desarrollo y mejoramiento en la investigación. Todos ellos diseñados con base en el principio básico del secado.

Equipos instalados

2016 - Sistema térmico solar pasivo - híbrido en el Campus Tecnológico Local San Carlos.

El sistema solar pasivo (figura 1) consta de tres partes principales: un colector por el que ingresa aire, el cual, va ascendiendo y calentándose conforme lo recorre. Una cámara de secado donde se dispone el producto a secar, esta tiene capacidad para 8 bandejas y un colector superior que sirve para aumentar y mantener la temperatura dentro de la cámara. Cada una de las partes de este equipo se complementan con un termómetro con el fin de observar el comportamiento del sistema y poder llevar un monitoreo [4].

El propósito de este sistema es que funcione con energía solar en su totalidad, es por ello que, en el año 2019 se le implementan tres paneles fotovoltaicos que alimentan una resistencia para que genere calor durante la noche, con la finalidad de hacerlo autónomo [7].

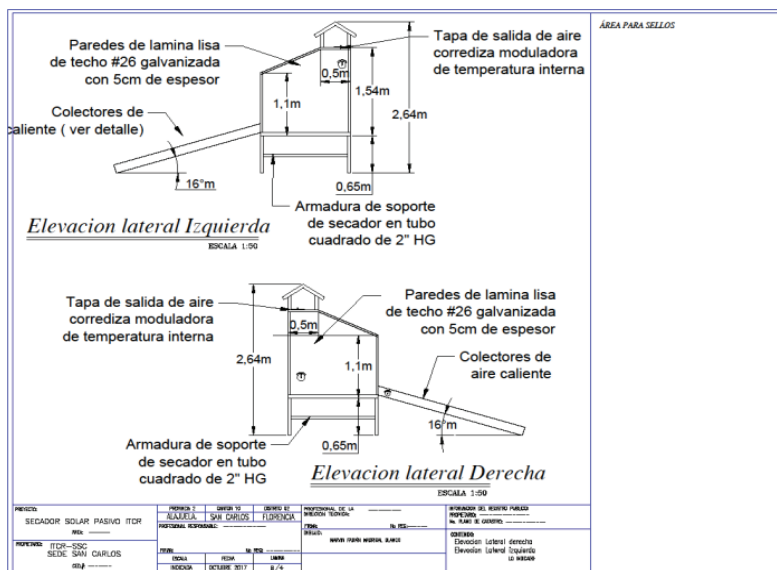


Figura 1. Fotografía (izquierda) y esquema (derecha) del prototipo de secador solar pasivo autónomo [22].

2018 - Sistema térmico solar activo - híbrido forzado instalado en Katira de Guatuso para la Asociación de productores agro - ambientalistas de cacao (ASOPAC).

Consta de seis colectores de aire caliente y tres colectores térmicos de agua caliente, ambos circulan los fluidos a la cámara de secado de manera forzada, mediante tuberías de aire y un radiador para el agua. Cuenta con un sistema auxiliar de gas LP que homogeniza la temperatura cuando es necesario, también cuenta con un sistema de control (datalogger) que toma el registro de humedad y temperatura, (figura 2) [7].

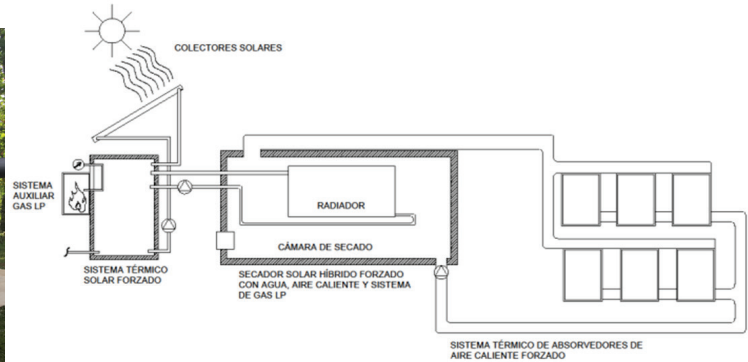


Figura 2. Fotografía (izquierda) y esquema (derecha) del prototipo de secador solar activo híbrido forzado implementado en Guatuso [21].

2018 - Sistema térmico solar activo - híbrido forzado en el Campus Tecnológico Local San Carlos.

Está conformado por los mismos elementos del sistema anteriormente descrito, aunque son diferentes por el hecho de que este equipo (figura 3) se complementó con la automatización de sus funciones: registro de temperatura, encendido del sistema auxiliar, y actualmente, el deshumidificador y las escotillas de salida [7].

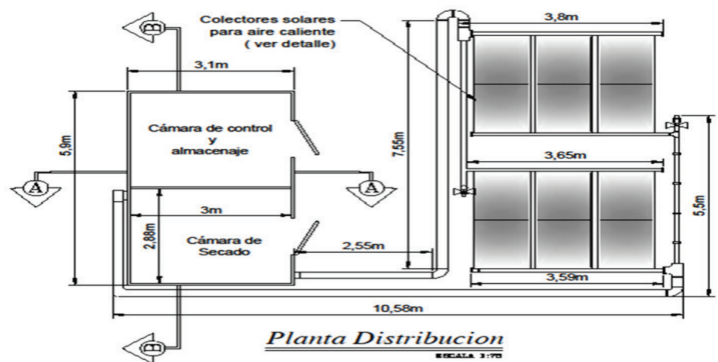


Figura 3. Fotografía (izquierda) y esquema (derecha) del prototipo de secador solar activo híbrido forzado implementado en CLSC-ITCR [20].

2020 - Sistema térmico solar activo híbrido forzado con piso radiante en el Tanque de la Fortuna, San Carlos para la PYME chocolates Fusión.

Este sistema (figura 4) mantiene el mismo principio que los secadores solares activos mencionados anteriormente. En pro de mejorar el funcionamiento de estos equipos, se colocó un piso radiante por el que circula el agua para mantener la distribución del calor adecuadamente. De igual forma, se actualizó el sistema de registro de temperaturas automático (datalogger), el cual se puede consultar de manera remota vía internet [7].

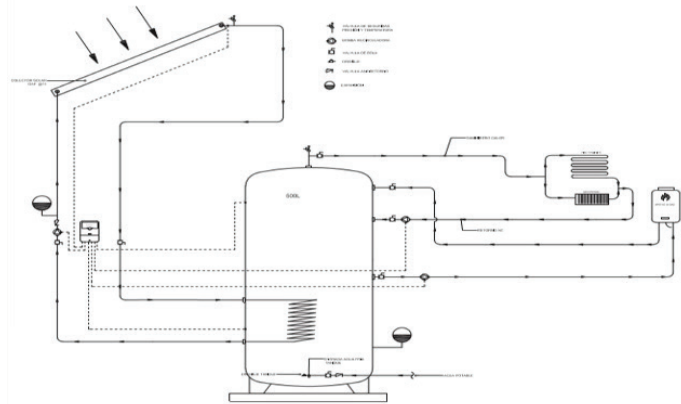


Figura 4. Fotografía (izquierda) y esquema (derecha) del prototipo de secador solar activo híbrido forzado implementado en el Tanque de la Fortuna [23].

Resultados y discusión

Sistema térmico solar pasivo - híbrido en el Campus Tecnológico Local San Carlos (CTLSC-ITCR)

Con el propósito de evaluar el funcionamiento de este secador, se realizaron diferentes pruebas de secado en semillas como: frijol, maíz y cacao durante el segundo semestre del 2017, el cual comprende a la temporada lluviosa [4].

En el caso del maíz, se consiguió disminuir su humedad relativa de un valor inicial de 13.5 % hasta un 8.5 %.

Respecto a la prueba con frijol, se consiguió disminuir su humedad de 13 % inicial hasta un 11.3 %.

En semillas de cacao, se consiguió la disminución de humedad partiendo de un 53 % hasta llegar a un 8 %.

Los resultados [4] para maíz y frijol se obtuvieron en un periodo de 13 días dentro del secador mientras que el secado de cacao duró, aproximadamente, 6 días (160 h). De acuerdo con Arce ambas semillas lograron un porcentaje de humedad óptimo [6].

En el año 2019, durante el periodo marzo-mayo, se llevó a cabo un registro de las temperaturas alcanzadas por las partes que componen al sistema (figura 5) que oscilaron entre 27 – 63°C, a la par de este análisis, se evaluó el funcionamiento de las nuevas resistencias alimentadas por el sistema fotovoltaico, las cuales mantuvieron una temperatura de 35 °C.

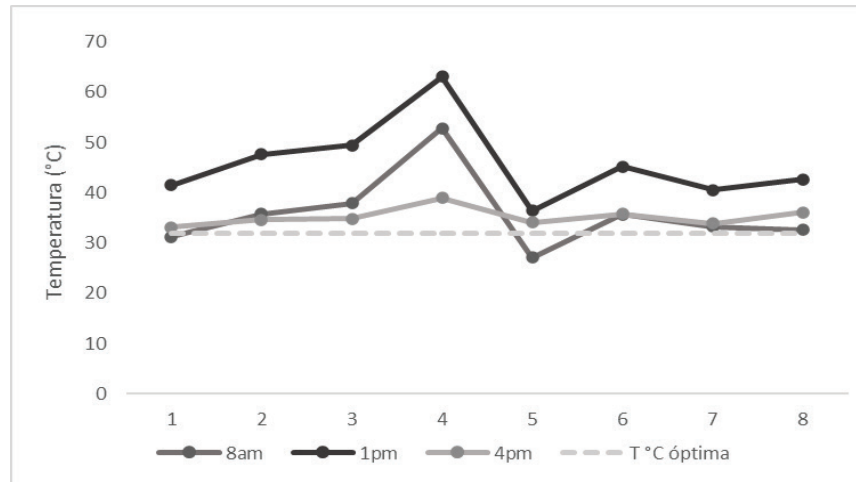


Figura 5. Temperaturas medias alcanzadas por el secador solar pasivo – híbrido, en diferentes horas del día; siendo (1-4) colector, (5-6) cámara, (7-8) venturi.

Sistema térmico solar activo - híbrido forzado instalado en Katira de Guatuso para la Asociación de productores agro - ambientalistas de cacao (ASOPAC).

El análisis de los datos como temperaturas, las cantidades de cacao a secar y el tiempo requerido para este sistema se han registrado durante el 2018 y 2019.

El límite mínimo de temperatura requerida para el secado de cacao debe mantenerse por encima de los 32°C para que sea eficiente. Durante los dos años registrados se demostró que las temperaturas en la cámara de secado fueron constantes (figura 6) arrojando un promedio de 38,9 °C.

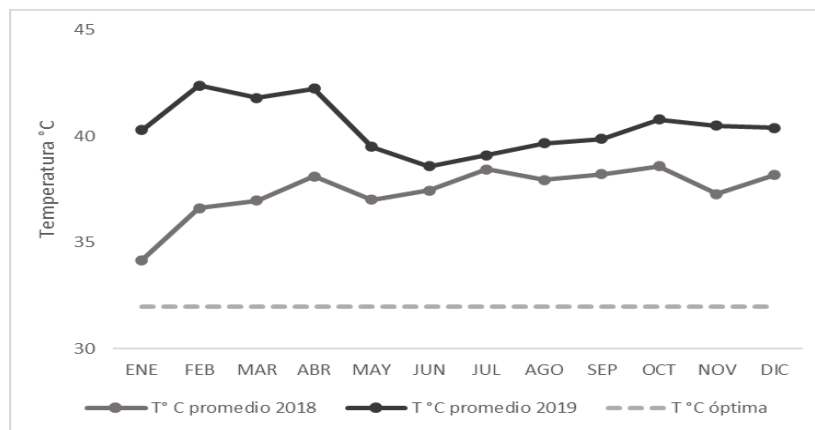


Figura 6. Temperaturas medias alcanzadas por el secador solar activo híbrido forzado en los años 2018 y 2019.

El productor Juan Carlos Sibaja, afiliado a ASOPAC, menciona que los resultados obtenidos con la instalación del secador térmico solar han sido significativos ya que el secado de cacao ha sido eficiente; logrando reducir el tiempo de secado a 5 días en comparación a un secado tradicional que podía llevarle hasta 15 días, se redujeron las pérdidas (cuadro 1) y mejoró la calidad del producto seco.

Analizando los resultados del sistema térmico solar activo híbrido forzado se obtuvo una eficiencia del 86.5 %.

Cuadro 1. Cantidad de cacao seco y pérdidas obtenidas en el sistema tradicional en comparación con el secador solar térmico híbrido forzado.

Sistema de secado	Año	Cantidad de cacao (kg)		Pérdidas (kg)
		Inicial	Final (seco)	
Tradicional	2015	2241	1746	495
	2016	1792	1458	334
	2017	4474	3080	1394
Témico solar activo híbrido	2018	4837	1737	0
	2019	2522	1424.7	0

Sistema térmico solar activo - híbrido forzado en el Campus Tecnológico Local San Carlos.

El registro de datos y los resultados obtenidos por este equipo son, únicamente, pruebas preliminares de investigación e innovación para futuros prototipos.

Las pruebas realizadas se han basado en el secado de productos agrícolas de la región, en el cuadro 2 se muestran algunos de los resultados [8],[6],[13],[15],[16].

Cuadro 2. Resultados de pruebas de secado en productos agrícolas utilizando el secador solar activo híbrido forzado en el periodo de mayo – diciembre 2018.

Producto	Tiempo	Humedad relativa final (%)	Humedad relativa recomendada (%)
Cacao	3 días	2.55	7 a 8
Pimienta	3.6 días	n/a	< 10.51
Cúrcuma	4.9 días	8.14	10
Maíz	1.25 días	14.5	13
Arroz	9 h	12.3	14
Frijol	9 h	13.23	12

Respecto a los datos de temperaturas recabados, desde su instalación, por el sistema automático (datalogger), se muestra que la temperatura promedio desde el año 2017 hasta el primer semestre del año 2020, es de 35 °C.

Sistema térmico solar activo híbrido forzado con piso radiante en el Tanque de la Fortuna, San Carlos para la PYME chocolates Fusión.

Se llevó a cabo el registro de temperaturas (figura 7) para este sistema en el periodo febrero a junio 2020, Se recabaron los siguientes datos medidos por cada sección del secador y en un horario diurno y nocturno para el análisis de temperaturas diarias.

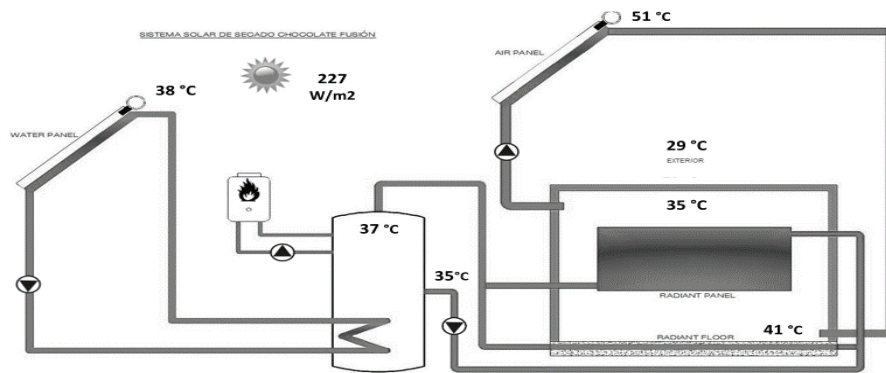


Figura 7. Temperaturas promedio alcanzadas por el secador activo híbrido forzado.

A continuación (figura 8) se muestra el comportamiento de las temperaturas a diferentes horas del día, se concluyó tomar temperaturas nocturnas para verificar su funcionamiento automatizado cuando la ausencia de luz solar es nula.

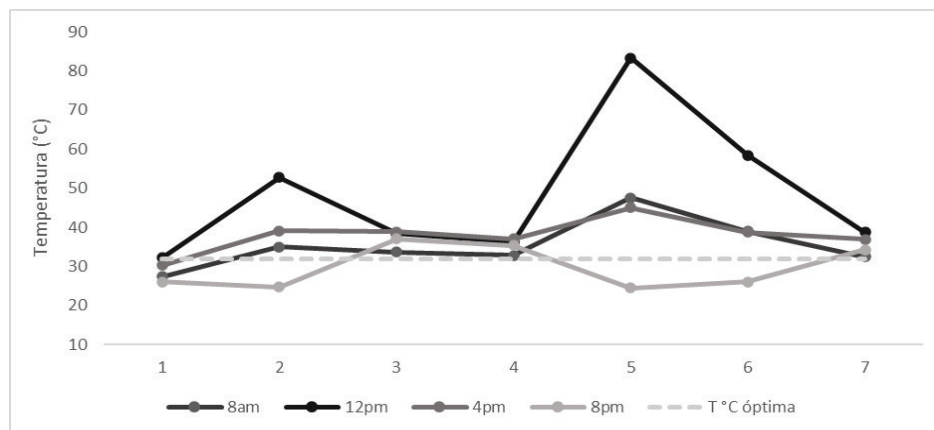


Figura 8. Temperaturas a diferentes horas del día, en las diferentes partes del secador siendo: (1) Ambiente, (2) Colector Agua, (3) Termotanque (4) Termotanque frío (5) Colector aire (6) Entrada a Cámara (7) Cámara.

En lo que va del año, este sistema ha logrado un rendimiento del 80 % para llegar a las temperaturas óptimas de secado de cacao. Referente al piso radiante; este tiene la capacidad de emitir el calor desde el piso ubicado dentro de la cámara, aunado al calor que llega desde el sistema térmico de aire y de los radiadores ubicados en las paredes, haciendo que el aire caliente sea emitido desde tres frentes distintos y que ascienda por densidad para ser recirculado, por lo que logra distribuirse uniformemente. Este es un nuevo elemento que no tienen los sistemas anteriores.

Conclusiones

La innovación en el diseño y construcción de los equipos descritos evidencian que las adaptaciones que se han hecho son efectivas en la evolución de los prototipos de secado. Por lo que se muestra que:

1. El secador solar pasivo obtuvo autonomía mediante el uso de paneles fotovoltaicos que mantiene su funcionalidad continua.
2. El sistema computarizado para el registro de datos facilita su recolección e interpretación.

3. La automatización del funcionamiento auxiliar del equipo favorece que la temperatura se mantenga constante.
4. Un piso radiante influye para que el secado dentro de la cámara sea más homogéneo, gracias a la óptima distribución del calor.
5. El acceso y monitoreo de los datos puede hacerse mediante una plataforma vía internet.

De acuerdo con [11] las ventajas del uso de secadores solares conducen a una productividad más eficiente, reflejando un ahorro económico, en mano de obra y de tiempo invertido. Según los resultados logrados, se muestra que el alcance del secado con la aplicación de estas tecnologías es óptimo y de calidad. De igual forma, se hizo evidente que la cantidad de pérdidas de producto seco fue nula. Gracias a estas cualidades se benefició la incorporación del valor agregado a los productos comerciales; otorgándoles una ventaja mayor en el mercado. En rasgos ambientales se demostró un aprovechamiento máximo de la energía solar, minimizando el uso de combustibles fósiles.

Referencias

- [1] Costa Rica. Secretaría Ejecutiva de Planificación Sectorial Agropecuaria Informe de gestión del sector agropecuario y el desarrollo de los territorios rurales / Elaborado por Ghiselle Rodríguez Muñoz y Miriam Valverde Díaz. -- San José, C.R.: SEPSA, 2016. 36 p
- [2] Costa Rica. Secretaría Ejecutiva de Planificación Sectorial Agropecuaria. Indicadores macroeconómicos 2015-2019 [recurso electrónico]/ Elaborado por Sandra Mora Ramírez - San José, C.R.: SEPSA, 2019.
- [3] Fernández. M. "*Modelo estratégico para la implementación de sistemas térmicos solares híbridos forzados para el proceso de incorporación de valor agregado del cacao en la Región Huetar Norte*". Uso de tecnología solar en actividades de la región huetar norte de costa rica (II parte) 2020, pp.162.
- [4] T.J. Guzmán-Hernández, F. Araya-Rodríguez, J.M. Obando-Ulloa, G. Castro-Badilla, C. Moreira Segura "*Aplicación de tecnologías térmicas solares pasivos y activas como alternativa a los sistemas tradicionales de secado en unidades de producción agropecuarias en la zona Huetar Norte de Costa Rica*" Uso de tecnología solar en actividades de la región huetar norte de costa rica (II parte) 2020, pp.123,127,128.
- [5] T.J. Guzmán-Hernández, J.M. Obando-Ulloa, F. Araya Rodríguez, G. Castro-Badilla, D. Rodríguez Rojas, N. Arce Hernández, J.M. Ortega Castillo, "*Aplicación de tecnologías solares térmicas híbridas, para la deshidratación y secado de productos agrícolas en la Región Huetar Norte de Costa Rica*", Uso de tecnología solar en actividades de la región huetar norte de costa rica (II parte) 2020, pp.93.
- [6] Arce, N. "Diseño y evaluación de cuatro prototipos de secado solar para productos agrícolas en Costa Rica," M.S. Tesis, docinade, Inst. Tecnológico de Costa Rica (2018).
- [7] T.J. Guzmán-Hernández, J.M. Obando-Ulloa, F. Araya-Rodríguez, V. Arguelles-Ulloa, J. Ortiz-Martinez. "*La Energía solar como herramienta tecnológica para el secado de productos agrícolas de la región Huetar Norte de Costa Rica*". Ventana vol. 1, no. 13, 2019, pp. 16-17.
- [8] E.A. Salazar. Evaluación de dos sistemas de secado para productos agrícolas y semillas de interés alimentario y comercial, Florencia, Alajuela. Tesis, docinade, Inst. Tecnológico de Costa Rica (2020).
- [9] T.J. Guzmán-Hernández, F. Araya-Rodríguez, J.M. Obando-Ulloa, M. Rivero-Marcos, G. Castro-Badilla & J.M. Ortega-Castillo, Uso de tecnología solar en actividades agropecuarias de la Región Huetar Norte de Costa Rica. Santa Clara de San Carlos: Unidad de Publicaciones TEC, 2016. ISBN Obra Independiente: 978-9968641-99-9
- [10] D.P. Kothari, K.C. Singal, Rakes Ranjan, *Renewable energy sources and emerging technologies*. 2nd ed. PHI learning private limited. Delhi, 2018. pp. 109.
- [11] S.P. Sukhatme, J.K. Nayak, *Solar energy*. 4th ed. McGraw Hill Education. India, 2018, pp 80.
- [12] Abubakar. S, Umaru.S, Anafi.O.F, S. Aminu,S. Aminu, A. Dangana,M. Kulla. *Design and performance evaluation of a mixed - mode solar crop dryer*. NG. FUOYE journal of Engineering and Technology, 2018, pp 22.
- [13] Ndukwu M.C. "Effect of Drying Temperature and Drying Air Velocity on the Drying Rate and Drying Constant of Cocoa Bean" *Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal*. Manuscript 1091. Vol. XI., April, 2009.

- [14] Llano. S. "Establecimiento de los protocolos de postcosecha para la obtención de harina de cúrcuma longa con estándares de calidad internacional" M.S. Tesis, Corporación Universitaria Lasallista, Antioquia (2016), pp 100.
- [15] Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá (INCAP), Tabla de composición de alimentos de Centroamérica, 2012, pp 74.
- [16] M.V. Gutiérrez, N. Chávez, J.C. Hernández, R. Araya, D. Ureña. *Ambientes protegidos para el almacenamiento temporal y el secado del frijol (Phaseolus vulgaris L.) en el campo*. Agronomía mesoamericana No. 20. 2009, pp 256.
- [17] K. Chacón Araya. *Agricultura y sostenibilidad ambiental en Costa Rica*, Informe Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible, San José, 2019, pp. 4-8-11.
- [18] Instituto Nacional de Estadística y Censos. *VI Censo Nacional Agropecuario: resultados generales*. San José, mayo 2015, pp 26-27.
- [19] Guzmán-Hernández, T; Obando-Ulloa, J; Álvarez de Eulate, X; Llundain-López, R; Juan-Pérez, P; Castro-Badilla, G. Evaluación de sistemas térmicos y fotovoltaicos solares en TRESplantas procesadoras de leche de la región Huetar Norte, Costa Rica. *Tecnología en Marcha*. Vol. 33-2. Abril-Junio 2020. Pág 37-46.
- [20] T.J. Guzmán-Hernández, J.M. Obando-Ulloa "*Planos del sistema térmico solar híbrido forzado diseñado e implementado en el Campus Tecnológico Local San Carlos (Instituto Tecnológico de Costa Rica)*", Uso de tecnología solar en actividades de la región huetar norte de costa rica (II parte) 2020, pp.169.
- [21] T.J. Guzmán-Hernández, J.M. Obando-Ulloa "*Planos del sistema térmico solar híbrido forzado diseñado e implementado para la asociación de productores agro-ambientalistas de cacao (Guatuso)*", Uso de tecnología solar en actividades de la región huetar norte de costa rica (II parte) 2020, pp.174.
- [22] T.J. Guzmán-Hernández, J.M. Obando-Ulloa "*Sistema térmico solar pasivo implementado en el Campus Tecnológico Local San Carlos (Instituto Tecnológico de Costa Rica)*", Uso de tecnología solar en actividades de la región huetar norte de costa rica (II parte) 2020, pp. 183
- [23] T.J. Guzmán-Hernández, J.M. Obando-Ulloa "*Sistema térmico solar con piso radiante implementado en la fábrica artesanal de chocolates Fusión (El Tanque, Florencia, Alajuela)*", Uso de tecnología solar en actividades de la región huetar norte de costa rica (II parte) 2020, pp.185.