

## CONTENIDOS

### Ámbito Nacional

Energía renovable favorece desarrollo de la agricultura cubana

### Globales

Thermprotect de Viessmann: adiós al sobrecalentamiento en la solar térmica

Ciudad de México: mejoras en la eficiencia energética en edificios

Nuevos captadores de tubos de vacío ligeros y eficientes para cubiertas solares

### La Propuesta del Mes

Influencia del color y forma del colector solar en el secado de semillas de soya



#### IMPOR TANT E

La información que se publica en el boletín no es responsabilidad de la editorial CUBAENERGÍA.

## EDITORIAL

*Estimado lector:*

*El boletín renovable.cu tiene el placer de dedicar una nueva edición a la energía solar térmica.*

*Sin dudas, el panorama nacional de conocimiento de la temática ha cambiado. El aprovechamiento de la energía solar térmica para el calentamiento de agua sanitaria es hoy una tecnología bien conocida, no solo en los sectores turísticos, sino también en otros donde se han instalados estos dispositivos como: hospitales, círculos infantiles, hogares de ancianos, etc. y se ha demostrado que es una alternativa real para aprovisionar de energía a millones de hogares, por una parte, como una de las soluciones a la necesidad del uso de fuentes renovables de energía para sustituir combustibles fósiles, y por otra, reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, responsables del cambio climático.*

*Gracias a la voluntad del gobierno, el país apuesta otras aplicaciones de la energía solar térmica, tales como la concentración, la refrigeración y climatización, el secado solar y la destilación solar. Estas aplicaciones permiten aprovechar la energía del sol, a pesar de las dificultades por la dispersión y el carácter incontrolable y variable, en el tiempo, de la intensidad de radiación solar. Las posibilidades técnicas del aprovechamiento térmico de la radiación solar como fuente energética son muchas, si se tiene en cuenta que en la práctica se pueden lograr temperaturas de 4 000°C por medio de la concentración de esta radiación.*

*Esperamos que este número le resulte útil e interesante y aprenda más sobre la energía solar térmica.*

*Lic. Manuel Álvarez González  
Director  
Cubaenergía*

#### REDACCIÓN renovable.cu

**CUBAENERGÍA**, Calle 20No 4111e/18ª y47, Miramar, Playa, Ciudad de La Habana, CUBA. Teléfono: 72062064. [www.cubaenergía.cu/](http://www.cubaenergía.cu/) Consejo Editorial: Lic. Manuel Álvarez González/ Ing. Anaely Saunders Vázquez. Redactor Técnico: Ing. Antonio Valdés Delgado. Edición: Lic. Lourdes C González Aguiar Compilación y Maquetación: Grupo de Gestión de Información Diseño: D.i. Miguel Olano Valiente. Traducción: Lic. Odalys González Solazabal. RNPS 2261

# Ámbito Nacional

---



## ENERGÍA RENOVABLE FAVORECE DESARROLLO DE LA AGRICULTURA CUBANA

16/7/2016

<http://www.radioflorida.icrt.cu/index.php/sociedad/11783-energia-renovable-favorece-desarrollo-de-la-agricultura-cubana>

En la agricultura cubana funcionan hoy más de 300 calentadores solares en unidades de la ganadería vacuna y en filtros sanitarios de la esfera porcina, como parte del crecimiento de la energía renovable en el sector.

# Globales

---



## THERMPROTECT DE VISSMANN: ADIÓS AL SOBRECALENTAMIENTO EN LA SOLAR TÉRMICA

<http://www.energias-renovables.com/articulo/thermprotect-de-viessmann-adios-al-sobrecalentamiento-en-20160707>

Jueves, 07 de julio de 2016

¿Qué ocurre cuando los habitantes de una vivienda que dispone de solar térmica están de vacaciones en agosto? ¿Y cuando acaba el curso y en el colegio nadie consume el agua caliente sanitaria? El sol no se va de vacaciones, así que los colectores solares siguen aportando calor que ya no es necesario porque los depósitos de acumulación ya están totalmente cargados. En ese momento la bomba de circulación del circuito primario se para y la instalación solar entra en estancamiento. Si sigue produciéndose irradiación solar, las temperaturas del colector aumentan y termina formándose vapor del fluido caloportador, lo que ocasiona una fatiga térmica elevada de los componentes de la instalación, como juntas, bombas, válvulas y, sobre todo, el medio portador de calor.

Viessmann ha encontrado la solución a un problema que puede ser especialmente grave en latitudes como la nuestra. A través de su departamento de I+D y en colaboración con el instituto Jean Lamour de la Universidad francesa de Nancy y el instituto alemán ISFH, ha desarrollado un innovador tratamiento selectivo ThermProtect para colectores solares planos de autolimitación inteligente por temperatura, que evita el sobrecalentamiento de las instalaciones solares y la formación de vapor. Es decir, cuando el colector alcanza una determinada temperatura, el sistema ThermProtect impide que se absorba más energía.

“Hemos querido mejorar los colectores solares térmicos para que, al hacer lo mínimo, la instalación funcione perfectamente”. Así explica Mónica López, jefa de Producto Solar de Viessmann, una de las motivaciones que han movida al fabricante alemán a desarrollar este innovador sistema. “Más seguridad, máximo rendimiento con el mínimo mantenimiento”.

El nuevo tratamiento selectivo del absorbedor para colectores planos Vitosol, fabricados por Viessmann, consta de varios niveles. Uno de estos niveles está formado por dióxido de vanadio, “un material inteligente de extraordinarias habilidades para cambiar de tamaño, forma e identidad física”. Gracias al funcionamiento de capas conmutables, a partir de 75° C, la estructura cristalina del tratamiento del absorbedor realiza una transición estructural que provoca un aumento de la emisividad, limitando automáticamente la absorción de energía.

Cuando la temperatura del colector disminuye, la estructura cristalina recupera su posición inicial y el absorbedor vuelve a ser capaz de absorber más del 95% de la energía solar que incide sobre el colector y se transforma en calor. Solo el 5% se vuelve a irradiar, debido al efecto conocido como emisividad. El cambio de la estructura cristalina es reversible de forma ilimitada.

### **Un problema grave**

En verano, en un país como España, hay más recurso solar y menos demanda de calor. El exceso de energía no requerida durante períodos de falta de demanda por parte de la instalación y los fenómenos propios del sobrecalentamiento y la formación de vapor es uno de los mayores problemas para las instalaciones solares térmicas. El líquido caloportador es una mezcla de agua y propilenglicol, un fluido orgánico cuyas moléculas se pueden llegar a descomponer por sobrecalentamientos repetidos. Cuando esto se produce es necesario limpiar el circuito y cambiar el líquido. El nuevo sistema evita este problema de una forma eficaz y segura.

Este proceso es inherente a las propiedades físicas del material inteligente del absorbedor y se produce, por tanto, totalmente independiente de la configuración y los ajustes del sistema. Por eso, una instalación solar con ThermProtect es completamente segura por sí misma y se caracteriza por una fiabilidad y durabilidad operativa superior a la de los sistemas solares convencionales. Cuando se alcanzan altas temperaturas en la instalación, el nuevo sistema permite cambiar la emisividad y captar menos radiación. “El aumento de emisividad es una forma de despreciar la energía que nos sobra en un momento determinado”, apunta Mónica López. Esta nueva tecnología se encuentra ya de serie en los colectores planos Vitosol 100-FM y Vitosol 200-FM. Y según Viessmann no va a afectar a los precios de estos productos.

“Con ThermProtect, las instalaciones solares se protegen por sí mismas, no llegan a sobrecalentarse ni a formar vapor, aún en periodos de verano o ante la ausencia de demanda, lo que aumenta la vida útil de los componentes y reduce los costos de mantenimiento –explica López–. La protección se consigue de una forma inherente, independientemente de la configuración, sin aerotermos, sin vaciar los circuitos y sin dispositivos mecánicos adicionales, lo que reduce, así, la temperatura en periodos de inactividad. El ThermProtect permitirá también “dimensionar instalaciones más grandes, pensadas para aportar también calor a la calefacción, que hasta ahora nos daban miedo por los riesgos de sobrecalentamiento en verano”.

### **Viessmann, la innovación como aliado**

El grupo [Viessmann](#) es uno de los líderes mundiales en la fabricación de sistemas industriales de calefacción y de refrigeración, con rangos de potencia que van desde 1,9 kW a 50 MW. Su facturación asciende a 2.200 millones de euros y cuenta con 11.600 empleados. Con 22 compañías de producción e instalaciones industriales en 11 países, actividad comercial en 74 países y 120 delegaciones en todo el mundo, Viessmann es en la práctica una compañía global. El 56% de la facturación proviene de las actividades fuera de Alemania, su país de origen.



## CIUDAD DE MÉXICO: MEJORAS EN LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EDIFICIOS

<http://www.energias-renovables.com/articulo/m-xico-ciudad-de-mexico-mejoras-en-20160704>

4/7/2016

La Secretaría de Medio Ambiente de la capital mexicana ha anunciado que en un mes habrá una modificación en el Reglamento de Construcciones, que básicamente impulsa la instalación de sistemas solares térmicos, "para que tanto las nuevas construcciones como las modificaciones a las ya existentes se hagan con un enfoque de Eficiencia Energética",

Con la invocación de "aprovechar las energías renovables y garantizar un futuro más sustentable para la Ciudad y el mundo", se promueven así "acciones que aporten un beneficio ambiental importante en el corto, mediano y largo plazo".

Concretamente, se contempla en la futura modificación del Reglamento de Construcciones "que las construcciones plurifamiliares de más de 3 viviendas, las unifamiliares de 100 o más m<sup>2</sup>, así como las albercas, fosas de clavados y todos los establecimientos industriales, comerciales, de oficinas, de servicios y de espectáculos que usen agua caliente y cuenten con más de 30 empleados, deberán instalar, además del sistema convencional de calentamiento de agua, un sistema de calentamiento de agua por medio de aprovechamiento de energía solar".

También se agrega que "las edificaciones no habitacionales deberán contar con redes de agua tratada y de agua de lluvia para todos los usos que no requieran agua potable".

Respecto a la llamada "Norma Técnica Complementaria que establecerá con precisión las consideraciones técnicas, fórmulas, tablas, etc, para el adecuado cumplimiento de lo establecido en el Reglamento", se anticipa que los siguientes rubros se verán incluidos:

- Aislantes térmicos para edificaciones
- Eficiencia energética en edificaciones
- Características térmicas y ópticas del vidrio y sistemas vidriados para edificaciones
- Eficiencia energética de bombas y sistemas de bombeo de agua
- Eficiencia energética para sistemas de alumbrado en vialidades
- Eficiencia energética de motores eléctricos

"Mitigar los impactos del cambio climático y reducir la emisión de Gases de Efecto Invernadero" se manifiestan como los motivos de estas medidas, "establecidas dentro de la Meta 26 en el [Programa Proaire](#) para fomentar el uso de energía solar para el calentamiento de agua en los sectores doméstico, comercial, de servicios e industrial".

Finalmente, se plantea que "la viabilidad de la normatividad en la materia se planteó con asistencia técnica del Instituto Mundial de Recursos – Movilidad Urbana Sustentable (WRI-EMBARQ, por sus siglas en inglés), el Programa para el Desarrollo Bajo en Emisiones de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID-MLED) y la cooperación técnica del Reino de Dinamarca".



## NUEVOS CAPTADORES DE TUBOS DE VACÍO LIGEROS Y EFICIENTES PARA CUBIERTAS SOLARES

<http://www.energynews.es/nuevos-captadores-de-tubos-de-vacio-ligeros-y-eficientes-para-cubiertas-solares/>

Publicado el 29/06/2016

Buderus ha presentado sus nuevos captadores de tubos de vacío Logasol SKR tipo Sydney, para cubiertas solares. Se trata de dos productos altamente eficientes que facilitan el máximo aprovechamiento de la luz solar, incluso en diferentes ángulos de incidencia y con luz difusa y que destacan por su facilidad de instalación, gracias a su peso reducido de tan solo 18 kg.

Por un lado, con seis tubos de vacío y reflector CPC trasero, el nuevo colector **Logasol SKR10 CPC** alcanza un **área de apertura de 1 m<sup>2</sup>** y mejora el rendimiento solar, ya que los rayos del sol llegan perfectamente a los tubos absorbentes, incluso en diferentes ángulos de incidencia y con luz difusa.

Resulta la elección más adecuada cuando el sistema de energía solar debe calentar agua y servir de apoyo a la calefacción. Además, es aconsejable para la instalación en tejados y fachadas, ya que permite el **montaje con inclinación en cubiertas planas**, explica en un comunicado Buderus, marca de la división **Bosch Termotecnia** perteneciente al **Grupo Bosch**.

Como alternativa para un **montaje horizontal en tejados planos o pérgolas**, Buderus ofrece el captador de tubos de vacío **Logasol SKR5**, que incluye seis tubos de vacío, sin reflector CPC trasero, con un área de apertura de 0,5 metros cuadrados, y está especialmente indicado para sistemas de calentamiento de a.c.s. El colector situado en la parte inferior garantiza un **mejor drenaje en caso de estancamiento**.

### Un único campo de captación

El diseño de este nuevo sistema está ideado para que en el techo se coloque un único campo de captación de hasta 84 tubos por fila. Muchos detalles contribuyen a ello, desde una separación uniforme de los tubos dentro y entre los captadores, hasta las cubiertas y tapas de los extremos. *“Gracias al diseño uniforme del colector inferior y del recinto superior del tubo se crea una visión de conjunto simétrica, que al ser instalado por una mano de obra de alta calidad, hace que los captadores sean estéticamente llamativos”*, explica la nota.,

Asimismo, gracias a su peso reducido de 18 kg y a sus dimensiones más manejables, los especialistas de la instalación pueden transportar los captadores de tubos de vacío Logasol SKR fácilmente. En dependencia de la necesidad de calor, los módulos totalmente ensamblados **se pueden combinar de forma flexible para lograr baterías de captación de diferentes tamaños**. Para su montaje, se utiliza la misma técnica que para los captadores Logasol planos: unos conectores permiten una conexión hidráulica segura y rápida de los paneles individuales.

# Eventos

---



## I CONFERENCIA INTERNACIONAL ENERGÍA E INNOVACIÓN PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE

Lugar: Palacio de las Convenciones, La Habana, Cuba

Fecha: 1/11/2016- 3/11/2016

<http://www.convencionciencia.com.cu/i-conferencia-internacional-energia-e-innovacion-para-el-desarrollo-sostenible/>

El Centro de Gestión de la Información y el Desarrollo de la Energía (Cubaenergía) de conjunto con la Agencia de Energía Nuclear y Tecnologías de Avanzada del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente y la Dirección de Energía Renovable del Ministerio de Energía y Minas de la República de Cuba, convocan a la “**I Conferencia Internacional Energía e Innovación para el Desarrollo Sostenible**”, que sesionará del 1ro al 3 de noviembre del 2016, en el marco de la I Convención Internacional de Ciencia, Tecnología e Innovación en el Palacio de Convenciones de La Habana, Cuba.

**Objetivos:** Debatir, con un enfoque integral, experiencias en el aprovechamiento de las fuentes renovables y la gestión de la energía desde la práctica del sector empresarial, académico y de políticas públicas, poniendo de relieve el rol de la ciencia, la tecnología y la innovación tecnológica en estos procesos.

### Tópicos

- Marcos de políticas, regulaciones, normativas y estrategias, así como de proyecciones energéticas, planes y programas para el desarrollo energético y la gestión de la energía.
- Desarrollos tecnológicos y experiencias prácticas para el aprovechamiento de las fuentes renovables de energía y el aseguramiento del suministro de energía en sitios aislados.
- Acciones para la formación de recursos humanos, la difusión, concientización y divulgación de tópicos relevantes en el campo de la energía.
- Vigilancia tecnológica y estratégica para el desarrollo de las diferentes fuentes de energía y la mejora de la eficiencia energética.
- Impacto de la energía en el medio rural, el desarrollo territorial y en la reducción de brechas de género.
- Energía y la adaptación y mitigación al cambio climático.

El evento tendrá lugar, de manera simultánea, con la Feria Internacional de la Habana 2016 <http://www.feriahavana.com/> por lo que será una oportunidad especial para que los expositores de la feria, con tecnologías innovadoras, presenten las mismas ante un auditorio especializado e interesado.



## EUROSUN 2016. 11ª CONFERENCIA INTERNACIONAL DE ENERGÍA SOLAR EN LA EDIFICACIÓN Y LA INDUSTRIA

País: España

Lugar: Palma de Mallorca

Fecha: 11/10/2016- 14/10/2016

<http://www.madrimasd.org/blogs/energiasalternativas/2016/04/15/132992>

La ciudad de Palma, capital de la isla de Mallorca, acogerá este año a la Undécima Conferencia Eurosun organizada por la Sociedad Internacional de Energía Solar (ISES), en colaboración con la Asociación Española de Energía Solar (AEDES) y la Universidad de las Islas Baleares, durante los días 11 al 14 de octubre. Se trata del encuentro internacional de energía solar en la edificación y la industria. La cita contará con la intervención de expertos en el sector, tanto de investigación como de industria, que mostrarán el estado actual de la tecnología, sus aplicaciones y legislación, los avances y perspectivas.

Los temas que se tratarán se enmarcan en:

1. Arquitectura solar y edificios de energía cero
2. Calor solar para procesos industriales
3. Almacenamiento térmico
4. Sistemas solares térmicos: agua caliente sanitaria, calefacción y refrigeración
5. Calefacción y refrigeración urbana asistida por energía solar y aplicaciones de gran escala
6. Pruebas y certificaciones
7. Colectores solares térmicos y componentes del circuito solar
8. Sistemas fotovoltaicos (PV) y fotovoltaicos + térmicos (PVT) para edificios e industria
9. Recurso solar y meteorología de la energía
10. Educación solar
11. Estrategias y políticas de energía renovable



### INTERSOLAR INDIA

10/19/2016 Supported Events

19 - 21 October 2016 - Mumbai, India

<http://www.solarpowereurope.org/events/supported-events/news/intersolar-india-2/>

Intersolar India es la exposición más grande del país y la conferencia para la industria solar. Se lleva a cabo anualmente en el Centro de Exposiciones de Bombay (BEC) en Mumbai.

Tanto la exposición como las conferencias se centran en las áreas de la energía fotovoltaica, tecnologías de producción fotovoltaica, sistemas de almacenamiento de energía y tecnologías de energía solar térmica.

Desde su fundación, Intersolar se ha convertido en la plataforma de la industria más importante para los fabricantes, proveedores, distribuidores, proveedores de servicios y socios en la industria solar mundial.



## 6TH SOLAR INTEGRATION WORKSHOP

País: Austria

Fecha: 14/11/2016- 15/11/2016

<http://www.solarpowereurope.org/events/supported-events/news/6th-solar-integration-workshop/>



## SOLAR CANADA 2016

Lugar: Toronto, Canada

Fecha: 5/12/2016- 6/12/2016

[solarcanadaconference.ca](http://solarcanadaconference.ca)

# La Propuesta del Mes

---

## INFLUENCIA DEL COLOR Y FORMA DEL COLECTOR SOLAR EN EL SECADO DE SEMILLAS DE SOYA

Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, ISSN -1010-2760, E-ISSN: 2071-0054, Vol. 24, No. Especial (diciembre, pp. 62-67), 2016

Gemma Domínguez Calvo, Ing. Prof. Auxiliar. Universidad Agraria de La Habana, Facultad de Ciencias Técnicas, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba, CP: 32700. Correo electrónico: [gemma@unah.edu.cu](mailto:gemma@unah.edu.cu)

Yanoy Morejón Mesa, Universidad Agraria de La Habana, Facultad de Ciencias Técnicas Correo electrónico: [ymm@unah.edu.cu](mailto:ymm@unah.edu.cu)

Chaumel C. Travieso Ruiz, Universidad Agraria de La Habana, Facultad de Ciencias Técnicas Correo electrónico: [ymm@unah.edu.cu](mailto:ymm@unah.edu.cu)

### RESUMEN

Esta investigación se desarrolló en el Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas con el objetivo de determinar la influencia del color y la forma del colector solar en el proceso de secado de semillas de soya, empleándose un secador solar artesanal para lo cual se plantearon las bases teórico-metodológicas y se utilizaron tres tipos de colectores solares para el desarrollo de la investigación. Se obtuvieron como principales resultados que el colector de mayor eficiencia fue el colector I (transparente-simple) ya que para una velocidad de extracción promedio de 4,27 m/s, este absorbió una energía total de 9,32 kW y se redujo el contenido de humedad de 15,58% hasta 11,17% en un período de cuatro horas, con una tasa de reducción de humedad de 1,10%/ h. Se apreció que, de una masa inicial de semillas de 130 kg, se removieron 4,4 kg de agua. Otro resultado obtenido fue la temperatura en la superficie y el fondo de la capa de granos en el interior de la cámara de secado, la cual fue superior a la temperatura ambiente durante todo el proceso de secado en 5 y 1 °C respectivamente. También se determinó la influencia de estos colectores en el % de germinación de la semilla y se observó que con el empleo del colector I se alcanzó un 5% menos, respecto al colector II (negro-simple) que es el que menos afecta esta propiedad. Resultó económicamente factible el empleo del colector (I) ya que con el empleo del mismo se alcanzó un costo específico de 83,3 peso/t, lo que es inferior al costo específico de los otros colectores empleados.

## INTRODUCCIÓN

---

La radiación solar desempeña un importante papel en muchos procesos productivos y es significativa en el secado de productos agrícolas con el objetivo de prolongar la vida del producto, tanto para el consumo animal como humano, por tal motivo este proceso debe realizarse con la mayor eficiencia y el menor costo posible para contribuir a la economía productiva.

El secado solar es una rama altamente rentable en la explotación de las fuentes renovables de energía, caracterizada por su alto potencial energético, económico, social y ecológico que contribuye a la conservación del medio ambiente al evitar emisiones equivalentes de CO<sub>2</sub>, óxidos de nitrógeno y azufre, pues reduce o sustituye el consumo de electricidad y de combustibles fósiles (Bergueset *al.*, 1992; Bergueset *al.*, 2002; Bergueset *al.*, 2008a).

El proceso de secado se manifiesta cuando se presenta transferencia de calor y masa, como son la humedad interna del producto y el líquido evaporado de las superficies húmedas del grano. En este proceso es importante mantener una temperatura constante entre los 50 y 55 °C, esto, conforme a la profundidad de la capa de grano a secar para no deteriorar el mismo.

Este proceso es de gran importancia en la cadena de producción de alimentos, ya que el contenido de humedad es, sin duda, la característica más importante para determinar si el grano corre el riesgo de deteriorarse durante el almacenamiento. El secado se realiza para inhibir la germinación de las semillas durante el periodo de almacenamiento, reducir el contenido de humedad de los granos hasta un nivel que impida el crecimiento de los hongos y evitar las reacciones bioquímicas (Bergueset *al.*, 2008b).

Varios han sido los autores que han investigado el proceso antes mencionado, así como los equipos e instalaciones que intervienen en el mismo, entre los cuales se destacan: Ghalyet *al.* (1973); Radajewskiet *al.* (1989); Martin *et al.* (2002) y Pupinis (2008).

Las instalaciones y máquinas empleadas para el secado de productos agrícolas se dividen en: industriales y artesanales; las primeras se caracterizan por tener elevadas capacidades productivas, elevados costos y emplean fundamentalmente fuentes convencionales de energía; las segundas se caracterizan por tener bajas capacidades productivas, bajos costos y pueden emplear las fuentes alternativas de energía, lo que las convierte en útiles para los pequeños agricultores y para el desarrollo de una agricultura sostenible.

Entre las principales partes de los secadores solares se pueden citar: los colectores o cubiertas, la cámara de secado y la cámara de circulación de aire.

El colector solar es el elemento más importante de todo sistema para el uso directo de la energía solar, ya que el mismo transforma la radiación solar en energía térmica para calentar el aire.

El funcionamiento básico del colector solar que se emplea para pequeños aumentos de la temperatura del aire consiste en recibir la radiación solar que incide en la superficie externa del colector. La radiación solar que atraviesa la película del colector incide en una superficie interna, que se denomina absorbidora, y aumenta su temperatura. El flujo de aire calentado por contacto con esa superficie se puede aprovechar en el secado de productos agrícolas.

Por otro lado, es importante señalar que la vida útil de un colector solar depende de la calidad de los materiales, del diseño de la estructura y de su eficiencia (Bergueset *al.*, 2003).

## MÉTODOS

---

Se emplearon:

- Bases teórico-metodológicas para la determinación del flujo de calor por los colectores solares
- Bases metodológicas para la evaluación de la germinación de las semillas
- Bases para la evaluación económica del proceso de secado solar

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

---

### Determinación del flujo de calor en función del color y la forma del colector solar

Para la determinación del flujo de calor, en función del color y la forma, se consideraron las leyes de Fourier y de Stefan-Boltzmann que responden a las formas de transferencia de calor por conducción y radiación térmica, respectivamente. A partir de estas, se obtuvieron los resultados que se muestran en la Tabla 1.

Los resultados obtenidos arrojaron que el colector I (transparente-simple) presentó mayor conductividad térmica que los colectores II (negro-simple) y III [(transparente+negro)-combinado] y es superior a estos en 3 kW y 1,7 kW, respectivamente, lo que evidencia que los tres colectores cumplen con el propósito para el cual fueron diseñados en la máquina objeto de estudio, dado que en todos los casos, se logra un incremento de la temperatura en el interior de la cámara de secado.

Otro elemento que se consideró fue la determinación del flujo de calor por radiación térmica. Se observó que el colector II (negro-simple) alcanzó el máximo valor con 0,85 kW, superior al colector I (transparente-simple) en solo 0,03 kW.

De forma general, si se analiza el aprovechamiento térmico de los colectores estudiados, se evidencia que el colector de mayor eficiencia es el colector I(transparente-simple) pues por concepto de conductividad y radiación térmica este absorbe una energía total de 9,32 kW y es superior a los colectores II (negro-simple) y III [(transparente+negro)-combinado] en 2,97 y 2,52 kW respectivamente.

### Resultados de la evaluación de la calidad del proceso de secado

Otro parámetro medido durante la evaluación del proceso de secado fue la velocidad del aire extraído, el cual se dirige desde la cámara de secado hacia el extractor, atravesando el volumen de producto a secar, el cual se encuentra sobre una plancha metálica ponchada de 1,71 m<sup>2</sup>, la cual cuenta con 1 500 000 orificios de 1,2 mm de diámetro. Con el empleo de un anemómetro PROVA AVM-05 con precisión de ( $\pm 0,1$  m/s) se obtuvo un valor promedio de velocidad de 4,27 m/s para el colector I (transparente-simple), de 4,62 m/s para el colector II (negro-simple) y de 4,71 m/s el colector III [(transparente+negro)-combinado] y como el área del conducto por donde circula el mismo es de 0,07 m<sup>2</sup>, fue posible determinar el flujo de aire promedio por unidad de tiempo para cada tipo de colector, Se alcanzaron valores de 0,29; 0,32; 0,33 m<sup>3</sup>/s respectivamente.

Con el objetivo de analizar el proceso de secado se determinó la cinética del mismo en la superficie y en el fondo de la cámara de secado, en función del color y la forma del colector empleado.

En la Figura 1 se describe el comportamiento del contenido de humedad en función del tiempo para el colector I (transparente-simple). Se observa que el contenido de humedad se reduce de 15,58% hasta 11,17% en un período de 4 h, se voltea la semilla en la primera hora del experimento (11:00) por lo que se eleva en la segunda hora, pero posteriormente desciende hasta la humedad final obtenida.

FIGURA1 Cinética de secado de la semilla de soya transgénica es la superficie y fondo de la cámara de secado al emplearse el colector I (transparente-simple)

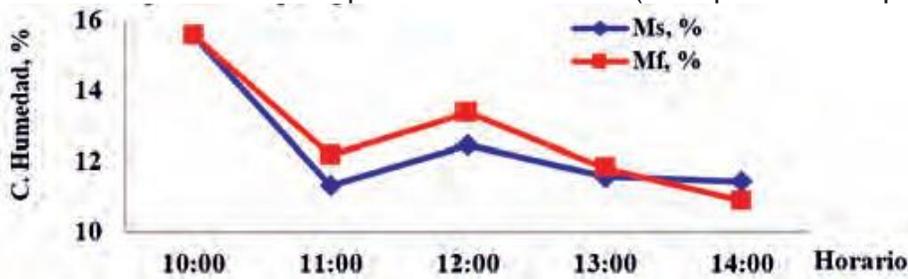
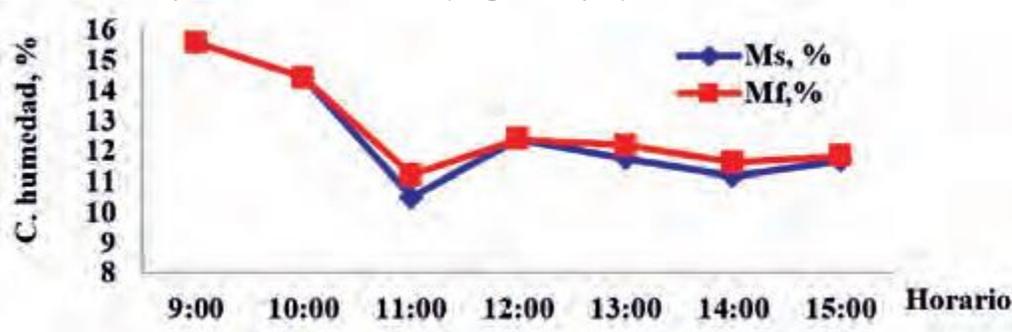
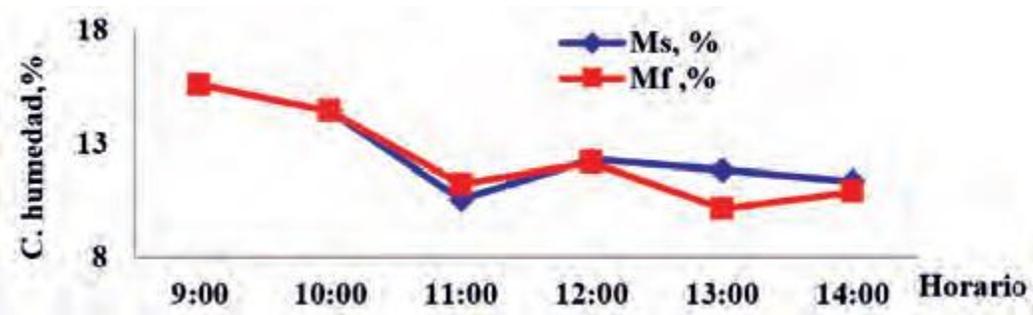


FIGURA 2. Cinética de secado de la semilla de soya transgénica es la superficie y fondo de la cámara de secado al emplearse el colector II (negro-simple).



En la Figura 2 se describe el comportamiento del contenido de humedad en función del tiempo para el colector II (negro-simple). Se observa que el contenido de humedad se reduce de 15,58% hasta 11,74% en un período de 6 h. Se voltea la semilla en la segunda hora del experimento (11:00) por lo que se eleva en la tercera hora, pero posteriormente desciende hasta la humedad final obtenida

FIGURA 3 Cinética de secado de la semilla de soya transgénica es la superficie y fondo de la cámara de secado al emplearse el colector III [(transparente+negro)-combinado]



En la Figura 3 se describe el comportamiento del contenido de humedad en función del tiempo para el colector III [(transparente+negro)-combinado].

Se observa que el contenido de humedad se reduce de 15,58% hasta 11,11%, en un período de 5 h, se voltea la semilla en la segunda hora del experimento (11:00) por lo que se eleva en la tercera hora, pero posteriormente desciende hasta la humedad final obtenida.

Como se puede apreciar con el empleo del colector I (transparente-simple) se reduce el tiempo de secado de las semillas de soya, lo que influye directamente en la productividad del secador.

El empleo de la expresión (3) determina la tasa de reducción de humedad para cada tipo de colector empleado. Se obtienen valores de 1,10%/h para el colector I (transparente-simple), 0,64%/h para el colector II (negro-simple) y 0,89%/h para el colector III [(transparente+negro)-combinado]. Se observa que el colector I resultó más eficiente que los otros dos colectores empleados.

Otro resultado que demuestra la eficiencia del proceso, es la masa de grano obtenida después de realizar el secado. Se obtuvieron valores de 125,6 kg para el colector I (transparente-simple); 127,3 kg para el colector II (negro-simple) y 127,1 kg para el colector III [(transparente+negro)-combinado]. Se removió 4,4; 2,7 y 2,9 kg de agua respectivamente; se constató que el colector I es el de mayor eficiencia.

Otro resultado obtenido en la investigación fue la determinación de la influencia del color y la forma del colector solar en la germinación de la semilla. Se observó que de una muestra de cien semillas antes de ser sometidas al proceso de secado, germinó el 90%. Este valor constituyó el testigo para la comparación del % de germinación mediante el empleo de diferentes colectores. Al emplearse el colector I (transparente simple) se observó que el porcentaje de germinación fue de un 73%, con el colector II (negro simple) se obtuvo un valor de 78% de germinación, y con el colector III [(transparente + negro)-combinado] el porcentaje de germinación fue del 68%.

De esta forma se evidencia que el colector II (negro simple) es el que menos afecta el % de germinación de la semilla, seguido por el colector (transparente simple), que solamente difiere en 5% respecto al colector II (negro simple), sin embargo no resulta factible el empleo del colector III [(transparente+negro)-combinado] ya que se reduce considerablemente el % de germinación de la semilla.

### **Resultados de la evaluación económica del proceso de secado**

El costo en salario tiene como base al salario mínimo vigente en el país, el cual es de 275 pesos, así como la cantidad de trabajo realizado en horas.

Los costos en combustibles y lubricantes son nulos ya que el secador objeto de estudio no requiere de combustible fósil ni de lubricantes para su funcionamiento.

El costo por depreciación alcanzó un valor de 0,039 peso/h y es el precio inicial del secador de 379 pesos. Se consideró un porcentaje anual de depreciación del 1% y una carga anual de 180 días trabajando 8 h.

El acumulador (batería) es el único dispositivo en el prototipo que requiere de mantenimiento a partir de la carga anual a la que se somete y del tiempo de duración de la carga en el acumulador determinado experimentalmente, el cual fue de 13 h de trabajo continuo con una demanda máxima del dispositivo regulador de velocidad, a una intensidad de corriente de 4 A. Se conoció que la cantidad de mantenimientos requeridos por el acumulador es de 110,76 y como el precio de la electricidad requerida para el mantenimiento es 0,09 peso (0-100 kW·h), durante 8 h de mantenimiento se alcanzó un costo de 1,24 peso/h.

El costo en reparación no se considera, pues los dispositivos con los que cuenta el secador no son reparables, ya que deben ser sustituidos una vez que presenten una rotura.

En la determinación del costo específico o requerido para secar una tonelada de soya en función del color y la forma del colector solar, resultó más factible el colector I (transparente-simple) ya que tuvo un valor de 83,3 peso/t, lo que es inferior al costo específico de los colectores II y III en 42,1 y 20,9 peso/t respectivamente.

**TABLA 2. Comportamiento de los costos para los diferentes tipos de colectores solares**

Costos	Proceso de secado
Costo en salario (Cs), peso/hora	1,43
Costo en combustibles (Cc), peso/hora	0
Costo por depreciación (Cd), peso/hora	0,039
Costo en mantenimiento (Cm), peso/hora	1,24
Costo en aceites-lubricantes (Cl), peso/ hora	0
Costos de explotación ( Cexp), peso/hora	2,71
Costo específico (Cesp), peso/t	
Colector I (transparente-simple)	83,3
Colector II (negro-simple)	125,4
Colector III [(transparente + negro)- combinado]	104,2

## CONCLUSIONES

- Las bases teórico-metodológicas planteadas para el desarrollo de la investigación se validaron con los resultados obtenidos.
- El colector de mayor eficiencia es el colector I (transparente-simple), pues por concepto de conductividad y radiación térmica, este absorbe una energía total de 9,32 kW con un valor promedio de velocidad de extracción de 4,27 m/s.
- Con el empleo del colector I (transparente-simple) se reduce el contenido de humedad de 15,58% hasta 11,17% en un período de cuatro horas, con una tasa de reducción de humedad de 1,10%/h. Es superior en 0,21% y 0,46%/h respecto a los colectores III [(transparente + negro)-combinado] y colector II (negro-simple), respectivamente.
- Después de realizar el proceso de secado con el colector I (transparente-simple) se obtuvo una masa final de 125,6 kg, se removieron 4,4 kg de agua y resultó superior a los valores obtenidos con los colectores II y III.
- La temperatura obtenida en la superficie y el fondo de la capa de granos en el interior de la cámara de secado, cuando se emplea el colector I, es superior a la temperatura ambiente durante todo el proceso de secado en 5 y 1 °C, respectivamente.
- El colector II (negro-simple) es el que menos afecta el porcentaje de germinación de la semilla, seguido por el colector I (transparente-simple), sin embargo, no resulta factible agrónomicamente el empleo del colector III [(transparente + negro)-combinado] ya que se reduce considerablemente el porcentaje de germinación de la semilla.
- El costo específico o requerido para secar una tonelada de soya, en función del color y la forma del colector solar, resultó más económico con el empleo del colector I (transparente-simple) dado que alcanzó un valor de 83,3 peso/t.



renovable.cu:

PRÓXIMA EDICIÓN DEDICADA A LA ENERGÍA RENOVABLE

Cualquier sugerencia o comentario escribir a: [renovablecu@cubaenergia.cu](mailto:renovablecu@cubaenergia.cu)

Envíe sugerencias o comentarios a: [renovablecu@cubaenergia.cu](mailto:renovablecu@cubaenergia.cu)