



La Granja. Revista de Ciencias de la Vida  
ISSN: 1390-3799  
ISSN: 1390-8596  
sserranov@ups.edu.ec  
Universidad Politécnica Salesiana  
Ecuador

# DISEÑO AUTONOMO DEL SISTEMA SOLAR TERMICO PARA LA DESHIDRATACION INDIRECTA DE AGUAYMANTO (PHYSALIS PERUVIANA L.), JUNIN

Camayo, Bécquer; Quispe, Miguel; Condezo, David; Massip, Juan Raúl; Galarza, Jose; Mucha, Enrique  
DISEÑO AUTONOMO DEL SISTEMA SOLAR TERMICO PARA LA DESHIDRATACION INDIRECTA DE AGUAYMANTO (PHYSALIS PERUVIANA L.), JUNIN

La Granja. Revista de Ciencias de la Vida, vol. 33, núm. 1, 2021

Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador

**Disponible en:** <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=476065991010>

**DOI:** <https://doi.org/10.17163/lgr.n33.2021.10>

2021.Universidad Politécnica Salesiana

2021.Universidad Politécnica Salesiana




Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional.

# DISEÑO AUTONOMO DEL SISTEMA SOLAR TERMICO PARA LA DESHIDRATACION INDIRECTA DE AGUAYMANTO (PHYSALIS PERUVIANA L.), JUNIN

AUTONOMOUS SOLAR THERMAL SYSTEM  
DESIGN FOR INDIRECT DEHYDRATION OF  
AGUAYMANTO (PHYSALIS PERUVIANA L.), JUNÍN


Bécquer Camayo

*Universidad Nacional del Centro de Perú, Perú*

 <https://orcid.org/0000-0002-9316-6995>

Miguel Quispe

*Universidad Nacional del Centro de Perú, Perú*

 <https://orcid.org/0000-0002-1863-7400>

David Condezo

*Universidad Nacional del Centro de Perú, Perú*

 <https://orcid.org/0000-0002-1658-910X>

Juan Raúl Massip

*Alma Red Global, España*

 <https://orcid.org/0000-0003-0905-8850>


Jose Galarza josegalarzalinares@gmail.com

*Universidad Nacional del Centro de Perú, Perú*

 <https://orcid.org/0000-0001-5569-6541>

Enrique Mucha

*Universidad Nacional del Centro de Perú, Perú*

 <https://orcid.org/0000-0001-6558-8392>

La Granja. Revista de Ciencias de la Vida,  
vol. 33, núm. 1, 2021

Universidad Politécnica Salesiana,  
Ecuador

Recepción: 29 Enero 2020  
Aprobación: 20 Febrero 2021  
Publicación: 01 Marzo 2021

DOI: [https://doi.org/10.17163/  
lgr.n33.2021.10](https://doi.org/10.17163/lgr.n33.2021.10)

Redalyc: [https://www.redalyc.org/  
articulo.oa?id=476065991010](https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=476065991010)

**Resumen:** Con el propósito de tener un diseño de secador solar indirecto autónomo para deshidratar el aguaymanto, que sea económico y de calidad y que permita exportar de la parte alta central de nuestro país, se propuso el objetivo general diseñar un prototipo de autónomo secador solar de 100 kg por lote de aguaymanto, con reflectores planos y aire forzado alimentado con energía fotovoltaica que permita secar esta fruta con los requisitos para su exportación. Las dimensiones de la secadora son las siguientes: dimensiones interiores de la cámara de secado: fondo 0,60 m, ancho 1,40 m, altura 1,10 m, y 0,05 m para el aislamiento, por lo que las medidas exteriores son fondo 0,70 m, ancho 1,50 m, altura 1,20 m. Se proponen dos colectores solares con dimensiones cada una de 1,50 m de ancho, 2,40 m de largo y 0,15 m de alto, de los cuales se requerirán 2 reflectores de espejo plano. Se seleccionó un panel fotovoltaico de 80 Wp para el sistema de aire forzado y el control del procesado. Este secador solar permitirá abordar el problema del

deterioro posterior a la cosecha y facilitará la exportación, porque mejorará la calidad y el costo económico.

**Palabras clave:** Agroindustrial, deshidratación, colector solar, sistema solar térmico y aguaymanto..

**Abstract:** *This paper aimed to design an autonomous indirect solar dryer, which can dehydrate the aguaymanto in a cost-effective manner, yielding a quality product suitable for export from the central part highland of Peru. To complete this task, it was proposed to design a prototype of autonomous solar dryer of 100 kg per batch of aguaymanto, equipped with flat reflectors and forced air feed, and powered with photovoltaic energy. This system allows to dry aguaymanto fruit at the requirements needed for its exportation. The fryer has the following dimensions: inner dimensions of the drying chamber: bottom 0.60 m, width 1.40 m, and height 1.10 m, with additional 0.05 m for insulation. Hence, the outer measures are bottom 0.70 m, width 1.50 m, and height 1.20 m. Two solar collectors are proposed with the dimensions of each: 1.50 m wide, 2.40 m long, and 0.15 m height; 2 flat mirror reflectors are required. A 80 Wp photovoltaic panel was selected for the forced air system and process control. This solar dryer is expected to cope with the problem of post-harvest deterioration. Also, it will facilitate the export by improving product quality and providing a cost-effective technology.*

### Forma sugerida de citar:

Camayo, B., Quispe, M., Condezo, D., Massipe, J., Galarza, J. y Mucha, E. (2021). Diseño autónomo del sistema solar térmico para la deshidratación indirecta de Aguaymanto (*Physalis Peruviana* L.), Junín. La Granja: Revista de Ciencias de la Vida. Vol. 33(1):115-124. <http://doi.org/10.17163/lgr.n33.2021.10>

## 1. Introducción

A nivel mundial, las instituciones gubernamentales, organizaciones, empresas internacionales y los investigadores están cada vez más conscientes de la importancia de la gestión de los recursos naturales (Solangi et al., 2011; Sándor et al., 2020; Jakab, 2020) y la transición hacia las energías renovables (Solangi et al., 2011; Reid et al., 2010; Marcucci y Turton, 2015). El objetivo principal de la sostenibilidad energética es reemplazar la energía generada por los combustibles fósiles por la energía renovable (Lachuriya y Kulkarni, 2017; Löwy y Mátyás, 2020).

En relación a las políticas a nivel mundial, en Norteamérica (USDE, 2008; Wikipedia 2010; USDE 2010; Liming et al., 2008; Smitherman, 2009; OPA, 2009; Branker, 2010), Europa (BMU, 2008; Bhandari y Stadler, 2009; Luigi y Enrico, 2010; Campoccia et al., 2009; Dusohchet y Telaretti, 2010) y Asia (Wang y Qiu, 2009; Caldrés et al., 2009; Wang, 2010; Ashraf et al., 2009) se han aprobado políticas de energía solar para no depender del diésel y aumentar la producción nacional de la energía solar, ya que tiene menos impacto en el medio ambiente (Solangi et al., 2011; Espinoza, 1991; Sommerfeld y Buys, 2014). Como afirma Gamio, "Perú es un lugar ideal para llevar a cabo proyectos de energía renovable, ya que cuenta con más recursos y fuentes de energía renovable como el sol, el agua, la energía geotérmica, eólica o biomasa" (Gamio, 2014).

En América Latina, existen propuestas para el uso de energía solar térmica en el procesamiento de alimentos, industrias no metálicas, textiles, de construcción, productos químicos e incluso industrias relacionadas con los negocios (Mekhilef et al., 2011). A pesar del enorme potencial técnico, el desarrollo y despliegue a gran escala de tecnologías de energía solar en todo el mundo, aún se deben superar una serie de barreras técnicas, financieras, regulatorias e institucionales. Por lo tanto, es necesario ampliar los incentivos del Protocolo de Kioto, que parecen ser insuficientes (Timilsina, Kurdgelashvili y Narbel, 2012).

Una opción práctica, económica y del medio ambiente es el uso de sistemas solares térmicos para preservar las verduras y otros productos. Los sistemas de calefacción que utilizan energía solar térmica pueden mejorar la calidad del producto, así como reducir los residuos y el uso de combustibles tradicionales, mejorando así la calidad de vida de las personas (Roche-Delgado 2017). Con respecto a las técnicas de conservación de los alimentos, un problema es la implementación de instalaciones de deshidratación para las instituciones nacionales de exportación.

Según Benavides (2014), una de las limitaciones en la industria de las frutas y hortalizas deshidratadas es la limitada disponibilidad de maquinaria de deshidratación; por lo tanto, se planea implementar plantas piloto de deshidratación en Ancash y Tarma. El objetivo básico es utilizar secadores solares con un rendimiento térmico mejorado y un menor impacto ambiental (AOAC, 2000).

En la actualidad, entre el 10 y el 40% de los productos cosechados no llega al consumidor final, pues los productores a menudo dejan sus productos en su granja ya que los intermediarios pagan menos que el costo de producción. Como resultado, la descomposición y contaminación de los productos es frecuente en los países en desarrollo, particularmente en las regiones rurales del Perú.

En la práctica agrícola se pueden observar varias tecnologías post-cosecha con el fin de preservar los alimentos. Sin embargo, el método más antiguo utilizado es el secado solar, pues mantiene propiedades físicas, químicas y nutricionales.

Para secar los alimentos, los agricultores creen que el 35% y el 40% del costo total del procesamiento se debe actualmente a las máquinas industriales de alto costo. Estos dispositivos son difíciles de usar en pequeñas granjas; por lo tanto, se necesitan alternativas tecnológicas como la secadora solar, que es menos costosa y no contamina el medio ambiente.

En la actualidad, en Perú el secado solar al aire libre es una alternativa, pero no ofrece la calidad necesaria de los productos para la exportación. Teniendo en cuenta que la mayoría de los agricultores se encuentran en lugares de difícil acceso o en las fronteras del país, el deshidratador solar es una opción para permitir exportar sus productos y mejorar su condición económica. En otros países, esta tecnología se está utilizando en zonas tropicales y subtropicales, pero desafortunadamente el secado solar no será usado por los agricultores si no pueden observar diferencias

significativas en relación con el secado al aire libre, lo que afecta la calidad de los productos.

Por lo tanto, es importante mejorar el secado de productos específicamente en el aguaymanto, lo que puede reducir las pérdidas, aumentar la calidad, la eficiencia del procesamiento, y puede proporcionar una mayor aceptación por parte de la comunidad agrícola. Por lo tanto, los objetivos de esta investigación son: a) diseñar un secador solar indirecto autónomo para deshidratar aguaymanto de manera rentable y que cumpla con la calidad de exportación; (b) equipar con tecnología avanzada a los productores de la parte central de la zona montañosa del Perú, zona en la que este procedimiento aún no está disponible; (c) construir un prototipo de secador solar autónomo de 100 kg de capacidad por lote de aguaymanto, equipado con reflectores planos y alimentación de aire forzada asegurada por energía fotovoltaica; (d) este dispositivo debe cumplir con los requisitos de calidad de la fruta seca para la exportación.

Para alcanzar el objetivo propuesto, se redujo el área del colector solar plano. Se seleccionó aguaymanto como la materia prima a secar y se consideró su morfología y tasa de secado. Los resultados previstos fueron el diseño de un prototipo para el secado autónomo indirecto de un aguaymanto de alta calidad, y la elaboración de planes para la construcción local del secador solar de acuerdo con el desarrollo tecnológico de las empresas locales de procesamiento de metales y la construcción de máquinas. Como recomendación, los usuarios directos de este innovador sistema de secado solar deben ser pequeños y medianos agricultores y contar con plantas agroindustriales que produzcan aguaymanto en Perú. Hasta ahora, la mayoría de estas instalaciones no poseen una tecnología que sea de bajo costo y eficiente. En gran medida, este sistema resolverá el problema del deterioro posterior a la cosecha y facilitará las exportaciones, al igual que puede mitigar el cambio climático.

## 2. Materiales Y Métodos

Se determinaron las características físico-químicas (pH, acidez y sólidos solubles), químico proximal (humedad, grasa, proteína, fibra, cenizas, carbohidratos), organolépticas (grasa, proteína, carbohidratos y fibra) y parámetros de secado de aguaymanto de acuerdo con las normas establecidas por AOAC (2000) (AOAC, 2000).

Se diseñó un sistema de secado solar autónomo considerando lo siguiente: (I) Las condiciones morfológicas y de secado del aguaymanto. El cálculo de las dimensiones de la cámara de secado se basa en la cantidad de materia prima a secar; área de la sección transversal del flujo de aire caliente; descarga manual de los productos a secar; área de la sección transversal del flujo de aire caliente. (II) Diseño de colectores solares planos: Se consideran variables meteorológicas: velocidad del viento, intensidad de la radiación solar, latitud, altitud, humedad relativa y temperatura del aire (se obtendrá información del lugar de la prueba). Se procederá con los siguientes: análisis del circuito térmico en un colector de placa plana; balance de energía que representa el calor absorbido, el calor

útil y las pérdidas en la parte superior e inferior del colector solar de placas planas; cálculo teórico de la eficiencia de los colectores solares equipados con placas planas, determinando el área de recogida óptima y el área de sección del flujo de aire; este proceso se concentra en los reflectores y el sistema fotovoltaico para el flujo forzado, que se puede optimizar para las dimensiones: longitud, anchura y altura del colector solar. (III) Diseño de sistemas de aire forzado: se implementará el control de las temperaturas dentro de la cámara de secado y se medirá la humedad de aguaymanto. (IV) Diseño de los sistemas de control: estabilización y monitorización de temperaturas, humedad y velocidad en el secado solar.

Las consideraciones para el cálculo y el diseño del sistema de secado solar se incluyeron en tres categorías: (1) Térmica, donde el Sol es elegido como fuente de energía. (2) Mecánica, que evalúa los materiales y los detalles de construcción de la tecnología local. (3) Las consideraciones económicas que se refieren al costo del sistema y se abordan tanto para las condiciones económicas como culturales de los agricultores que viven en la zona.

La recopilación de los datos permite calcular las dimensiones del secador solar y seleccionar los materiales adecuados para realizarlo. Además, en algunos casos, se utilizaron datos experimentales para calcular algunos de los parámetros de diseño.

Características de la ubicación del secador de aire forzado: altitud: 3000 m.s.n.m.; condiciones climáticas típicas de las tierras altas; la energía eléctrica está disponible dentro de las ciudades, pero en el campo no se puede acceder a la electricidad; por lo tanto, se debe utilizar energía solar térmica y fotovoltaica.

### 3. Resultados y discusión

#### 3.1. Características químicas de aguaymanto deshidratado

En este ensayo experimental realizado con un deshidratador indirecto, se obtuvieron resultados sobre la composición química inmediata. De los parámetros medidos y enumerados en la Tabla 1, la humedad de la fruta de aguaymanto es de mayor interés, pues tiene un valor promedio del 15%.

Análisis	Resultados
Humedad	15,06 ± 0,03
Grasa	1,32 ± 0,18
Proteína	5,58 ± 0,32
Fibra	4,36 ± 0,28
Cenizas	1,72 ± 0,03
Carbohidratos	71,96 ± 0,35

Tabla 1:

Composición química aproximada del aguaymanto deshidratado (100 g) obtenido en un deshidratador indirecto

### 3.2. Composición físico-química de aguaymanto deshidratado

En ensayos experimentales realizados en un deshidratador indirecto, se obtuvieron resultados que se presentan en la Tabla 2 sobre la composición físicoquímica de aguaymanto deshidratado, donde el porcentaje de sólidos solubles representa el mayor interés, pues su valor promedio es de 85%.

Análisis	Resultados
pH	4,05 ± 0,01
acidez (Exp. ácido cítrico)	1,02 ± 0,18
Sólidos solubles	84,94 ± 0,03

**Tabla 2:**

Composición físico-química del aguaymanto deshidratado, obtenido en un deshidratador indirecto

### 3.3. Diseño conceptual del secador solar

Los resultados obtenidos permitieron determinar la tecnología y definir la forma geométrica del secador solar y tiene las siguientes características:

1. Características de aguaymanto:
  - Tamaño manejable manualmente.
  - Geometría de esferas similares en el tamaño que oscilan entre 2,0 y 2,5 cm.
  - Es un fruto delicado, sensible a la incidencia de la radiación solar directa.
  - El contenido inicial de humedad está en el rango de 79-82%.
2. Condiciones y requisitos de secado:
  - Secado al aire caliente a 60 °C.
  - Secado ininterrumpido preferiblemente en lotes de 100 kg.
  - La humedad final debe ser del 12%.
3. Tecnología seleccionada:  
Se prefiere un secado solar forzado indirecto, donde se puede utilizar un colector solar para alcanzar una temperatura de secado de 60 °C. La ventilación también está regulada con aire forzado, utilizando energía fotovoltaica según el esquema que se muestra en la Figura 1.



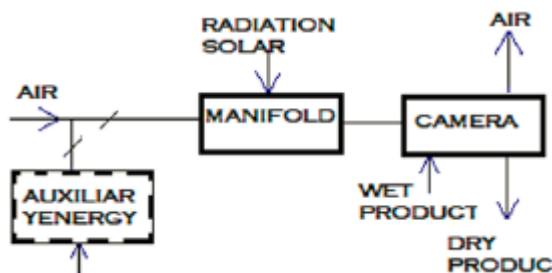


Figura 1.

Esquema de un secador indirecto. Tomado de Espinoza (1991).

### 3.3.1. Cámara de secado

La fruta se colocó en bandejas de  $11 \text{ kg/m}^2$  debido a que el aguaymanto es frágil pero fácil de manipular. La cámara propuesta tiene la forma de un paralelepípedo (Figura 2), con las siguientes características:

- Forma de flujo: paralela.
- Bandeja de marco simple con malla milimétrica.
- Dimensiones del fondo de la cámara: 0,60 m.
- Ancho del colector: 1,40 m.
- Altura de la cámara: 1,10 m (que corresponde a 22 bandejas, con 2 bandejas por fila y 11 bandejas por nivel de soporte. Los espacios entre los soportes de la bandeja son de 6,50 cm.

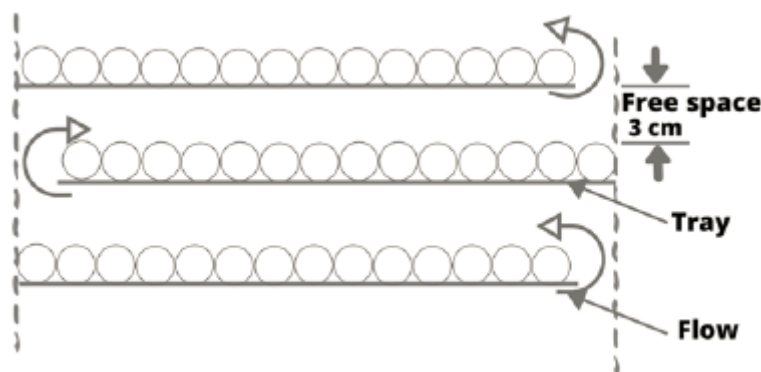


Figura 2.

Disposición paralela del fruto a secar. Tomado de Espinoza (1991).

Las dimensiones de la cámara de secado se muestran en el Tabla 3:

	Interior	Exterior	Observación
Profundidad	0,60	0,70	La diferencia de tamaño entre el interior y el exterior surge del aislamiento
Anchura	1,40	1,50	
Altura	1,10	1,20	

Tabla 3.

Dimensiones de la cámara de secado en [m]:



**Colectores solares plano:** Estos son dispositivos que permiten transformar la energía solar radiante en energía térmica en forma de aire caliente (Espinoza, 1991).

**Tamaño:** Esta parte se aproxima a un factor de secado de 1,0 kg de agua/(m<sup>2</sup> · día) (Espinoza, 1991). Según las condiciones de humedad del aguaymanto, es necesario evaporar aproximadamente 70 kg de agua.

Superficie estimada: 70 m<sup>2</sup> por día. El resultado obtenido indica que se necesitan 70 m<sup>2</sup> de colector plano para un día de secado, y, 23,3 m<sup>2</sup> para tres días. Por lo tanto, los cálculos más exactos se harán más adelante. Por el momento para el diseño conceptual se utiliza la alternativa de tres días para el colector de 20 m<sup>2</sup> y el secado; además se asume por la anchura 1,4 m que la longitud es de 16,6 m, dando como resultado la forma del secador solar como se muestra en la Figura 3.

### 3.3.2 Cálculos de diseño para el secado de 100 kg de aguaymanto

En el proceso de diseño es necesario realizar algunos cálculos de referencia o comprobación (Espinoza, 1991).

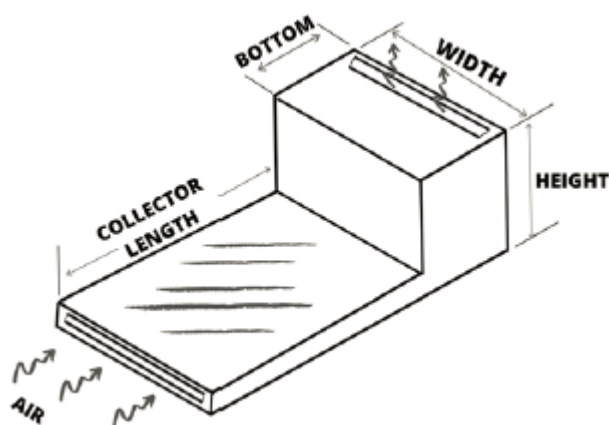


Figura 3.

Diagrama del diseño conceptual de un secador solar híbrido indirecto (según Espinoza, 1991)

**Cantidad de energía necesaria:** En caso de querer secar 100 kg de un producto como el agua y manto desde el 80% de la humedad inicial hasta el 12% de la humedad final, se debe constar con:

- Cantidad inicial de agua:  $100 \times 0,80 = 80$ . Kg
- Cantidad de agua final  $100 \times 0,12 = 12$  kg
- Cantidad de agua a evaporar  $80 - 12 = 68$  kg
- Calor latente de la evaporación del agua a temperatura de secado solar = 2440 kJ/kg de agua
- Energía necesaria:  $68 \text{ kg de agua} \times 2\,440 \text{ kJ/(kg de agua)} = 165\,920 \text{ kJ}$ .

**Días necesarios de sol:** La radiación media anual en Tarma es de 5,61 kWh/m<sup>2</sup> de radiación solar (Camayo-Lapa y col., 2017).

- Energía equivalente:  $5,61 \times 3\,600 = 20196 \text{ kJ}/(\text{m}^2\text{-día})$
- Suponiendo  $20 \text{ m}^2$  de colector:  $20196 \text{ kJ}/(\text{m}^2\text{-día}) \times 20 \text{ m}^2 = 403920 \text{ kJ/día}$
- Suponiendo una eficiencia total del 40% se tiene:
- Energía disponible:  $403920 \text{ kJ/día} \times 0,4 = 161568 \text{ kJ/día}$ .
- Días de secado:  $165920 \text{ kJ} / 161568 \text{ kJ/día} = 1,03 \text{ días}$ .

Por lo tanto, se necesitan 1,03 días de secado. Además, se necesitan reflectores como espejos planos al contar con colectores de  $1,40 \times 2,40$  de largo, solo se requieren 3 colectores solares para secar el producto en un día aproximadamente. Para verificarla longitud del colector solar se utiliza la Ecuación 1 (Espinoza, 1991); con DT el calentamiento del aire a través del colector  $[\text{°C}]$ , H la radiación solar  $[\text{W}/\text{m}^2]$ , L la longitud del colector  $[\text{m}]$  y v la velocidad del aire a través del colector  $[\text{m/s}]$ :

$$\Delta T = (0,131H) \left( 1 - e^{\frac{-0,12L}{v}} \right) \quad (1)$$

El colector puede aumentar en  $56,2\text{°C}$  en forma de datos de radiación de  $900 \text{ W}/\text{m}^2$ , una longitud de  $2,40 \text{ m}$ , y una velocidad de  $1 \text{ m/s}$ .

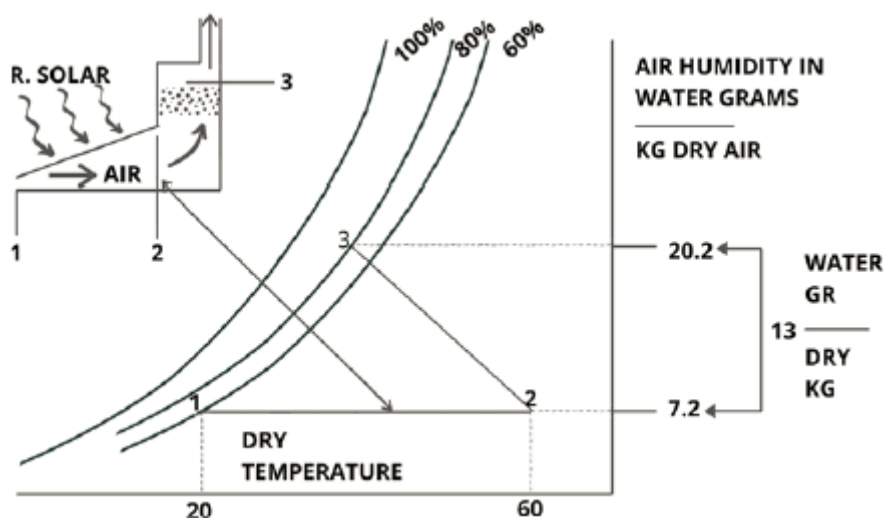


Figura 4.

Diagrama del diseño conceptual de un secador solar híbrido indirecto (según Espinoza, 1991)

### 3.3.3 Diseño de sistemas de aire forzado

**Cálculo del flujo de aire necesario para secar:** Para el secado de  $100 \text{ kg}$  de producto húmedo se necesita que la humedad inicial de  $80\%$  tenga una humedad final de  $12\%$  en  $24$  horas, como es el caso del agua y manto. Si el promedio de la velocidad del secado es  $\frac{x_i - x_f}{t} = 7,87 \times 10^{-6} \text{ kg agua}/(\text{kg seco s})$ . Y si el producto húmedo de  $100 \text{ kg}$  consta de  $80 \text{ kg}$  de agua y  $12 \text{ kg}$  de materia seca. Entonces la tasa media de evaporación sería:  $7,87 \times 10^{-6} \text{ kg agua}/(\text{kg secos}) \times 12 \text{ kg seco} = 9,4 \times 10^{-5} \text{ agua/s}$ .

Esta cantidad de agua tendrá que evaporarse en una corriente de aire con un cierto caudal y capacidad de secado que se obtiene de la carta psicométrica para la presión del aire y las condiciones de temperatura del lugar donde se llevará a cabo el secado.

Según el diagrama (Figura 4), 20 kg de secado forzado por aire pueden evaporar 13 g de agua, que corresponde a  $9,4 \times 10^{-5}$  kg de agua /s. Por lo tanto, el flujo de aire requerido es de  $9,4 \times 10^{-5}$  kg de agua/s  $\times 1/(13 \text{ g de agua} / \text{kg de aire} \times 1 \text{ kg} / 1000 \text{ g}) = 0,00723 \text{ kg de aire/s} = 7,23 \text{ g de aire/s}$ . Se necesita un flujo de aire igual a  $m = 7,23 \text{ g de aire/s}$ .

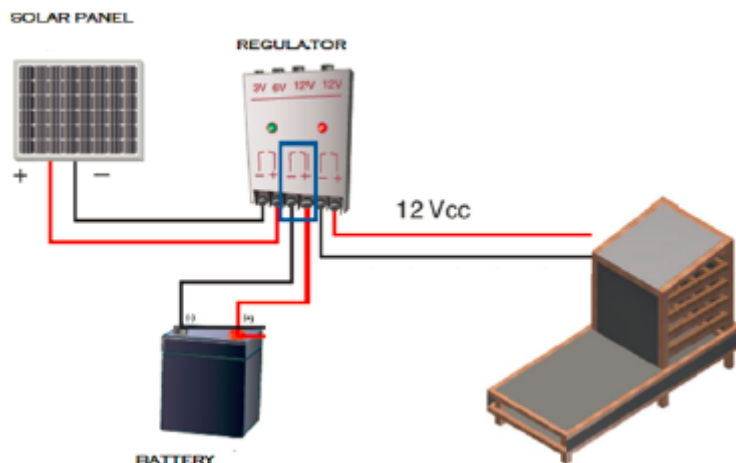


Figura 5.

Diagrama del sistema fotovoltaico para su uso en secadores solares

**Cálculo del flujo (Q) y velocidad (v) del aire:** El flujo de aire se calcula mediante la ecuación (2) con  $p = 1,2 \text{ kg/m}^3$  la densidad del aire.

$$Q = \frac{m}{\rho} \quad (2)$$

Por lo que  $Q = \frac{0,00723 \text{ kg aire/s}}{1,2 \text{ kg/m}^3} = 0,36 \text{ m}^3/\text{s}$  es el flujo de aire necesario. La velocidad del aire recomendada es de 1 a 2 m/s (Espinoza, 1991).

### 3.3.4 Dimensiones finales del secador solar

**Cámara de secado:** Las dimensiones interiores son de 0,60 m, anchura 1,40 y altura 1,10 m y se espera 0,05 m para el aislamiento, por lo que las medidas exteriores son de 0,70 m de ancho, 1,50 m de profundidad y 1,20 m de alto, como se muestra en la Tabla 3.

**Colector solar:** Se deben tener en cuenta las dimensiones de 1,50 de ancho, 2,40 de largo y 0,15 de alto, y se necesitarán 2 reflectores de espejos planos para cada colector, por lo que al final se necesitarán 2 unidades de colectores solares con sus respectivos reflectores de espejos planos. Así mismo el secador solar térmico constará de un sistema fotovoltaico (Figura 5).

**Dimensiones de los paneles solares:**

- Requisito de energía = 404,8 Wh-día.

- Potencia del Panel = Requerimiento de Energía Diaria / Horas diarias de Incidencia Solar.
- Horas de incidencia solar en Tarma 5,6 h-día.
- Potencia del panel = 404,8 Wh-día / 5,6 h-día.
- Potencia del panel = 72,29 W.
- El panel constará de 1 módulo de 80 Wp.

#### 4. Conclusiones

Las condiciones de secado realizadas con un sistema solar térmico autónomo para la deshidratación indirecta en aguaymanto muestran características nutricionales que indican el valor nutricional del producto, y el contenido de humedad obtenido garantiza su vida útil. Debido a las características fisicoquímicas del aguaymanto, se seleccionó un secador solar indirecto con aire forzado, donde la fuente de energía para los ventiladores y los controles de temperatura, humedad y velocidad del aire proviene de un sistema fotovoltaico. Los componentes del sistema de secado autónomo de 100 kg de aguaymanto por un proceso diseñado para un tiempo medio de secado de dos días consisten en: un colector con las siguientes dimensiones: fondo de 1,50 m, 2,40 m anchura y 0,05 m altura y 0,05 m de ancho para el aislamiento, lo que aumenta su eficiencia y reduce el área del colector. De igual forma, tendrá un reflector de espejos planos de 1,50 m de fondo, 2,40 m de ancho a cada lado, en una cámara de secado cuyas dimensiones interiores propuestas son inferiores a 1,50 m, 2,40 m de ancho; el sistema de aire forzado y los controles es un panel fotovoltaico de 80 Wp.

Se espera que esta propuesta de secado sea de ayuda para el deterioro posterior a la cosecha y facilite la exportación, pues mejorará la calidad, el coste y la limpieza del aguaymanto. De acuerdo con el desarrollo tecnológico de las empresas metalmecánicas de la ciudad, la propuesta del secador solar permitirá su construcción local. También se espera que los usuarios directos de este innovador sistema de secado solar sean los pequeños y medianos agricultores y agroindustriales del aguaymanto en nuestro país.

#### References

- AOAC International (2000). Official Methods of Analysis. Ed. por W. Horwitz y G. Latimer Jr. 18th Edition. #3. Online: [http://sutlib2.sut.ac.th/sut\\_contents/H125800.pdf](http://sutlib2.sut.ac.th/sut_contents/H125800.pdf).
- BMU (2008). Electricity from renewable energy sources—what does it cost Us? Ed. por M. Van Mark y W. Dürrschmidt. Berlin, Germany: Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety.
- Benavides, L. (2014). Project: Industrial Innovation Dehydration of Berries-Aguaymanto 2014-2015. Sierra Exportadora.
- Bhandari, R. e I. Stadler (2009). «Grid parity analysis of solar photovoltaic systems in Germany (*Physalis Peruviana* L.), Junín using experience

- curves». En: *Solar Energy* 83.9, 1634-1644. Online: <https://bit.ly/3nTAJHP>.
- Branker, K. y J. Pearce (2010). «Financial return for government support of large-scale thin-film solar photovoltaic manufacturing in Canada». En: *Energy Policy* 38.8, 4291-4303. Online: <https://bit.ly/3iWc9m4>.
- Camayo-Lapa, B. y col. (dic. de 2017). «Validación y aplicación del modelo Bristow Campbell para estimar la radiación solar global de la región de Junín». es. En: *Tecnología Química* 37, 574 -590. Online: <https://bit.ly/33cJZON>.
- Campoccia, A. y col. (2009). «Comparative analysis of different supporting measures for the production of electrical energy by solar PV and Wind systems: Four representative European cases». En: *Solar Energy* 83.3, 287-297. Online: <https://bit.ly/34YNDpe>.
- Chaudhry, M., R. Raza y S. Hayat (2009). «Renewable energy technologies in Pakistan: prospects and challenges». En: *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 13.6-7, 1657-1662. Online: <https://bit.ly/3lQvpTX>.
- Dusonchet, Luigi y Enrico Telaretti (2010). «Economic analysis of different supporting policies for the production of electrical energy by solar photovoltaics in western European Union countries». En: *Energy Policy* 38.7, 3297-3308. Online: <https://bit.ly/2SYKgza>.
- Espinoza, R. (1991). *Teoría y práctica del secado solar*. Ed. por UNI. Online: <https://bit.ly/3k36hJa>. Google Libros.
- Gamio, P. (2014). «Renewable Energies and Climate Change». En: Konrad Adenauer Stiftung. Cap. Demonstrating projects sustainable development.
- Jakab, A. (2020). «The ammonium lactate soluble potassium and phosphorus content of the soils of north-east Hungary region: a quantifying study». En: *DRC Sustainable Future* 1.1, 7-13. Online: <https://bit.ly/3j54oKy>.
- Lachuriya, A. y R. Kulkarni (2017). «Stationary electrical energy storage technology for global energy sustainability». En: 2017 International Conference on Nascent Technologies in Engineering (ICNTE). IEEE. Navi Mumbai, India, págs. 1-6.
- Liming, H., E. Haque y S. Barg (2008). «Public policy discourse, planning and measures toward sustainable energy strategies in Canada». En: *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 12.1, 91-115. Online: <https://bit.ly/3dxjFm8>.
- Lowy, D. y B. Mátyás (2020). «Sea Water Activated Magnesium-Air Reserve Batteries: Calculation of Specific Energy and Energy Density for Various Geometries». En: *DRC Sustainable Future* 1.1, 1-6. Online: <https://bit.ly/3lUrEg3>.
- Marcucci, A. y H. Turton (2015). «Induced technological change in moderate and fragmented climate change mitigation regimes». En: *Technological Forecasting and Social Change* 90, 230-242. Online: <https://bit.ly/31c7QNn>.
- Mekhilef, S., R. Saidur y A. Safari (2011). «A review on solar energy use in industries». En: *Renewable and sustainable energy reviews* 15.4, 1777-1790. Online: <https://bit.ly/2IADca9>.
- OPA (2009). Ontario Power Authority: Feed-in-Tariff Program Development. URL: <http://www.powerauthority.on.ca/fit/Page.asp?PageID=1226&SiteNodeID=1039S>.

- Reid, W. y col. (2010). «Earth system science for global sustainability: grand challenges». En: Science 330.6006, 916-917. Online: <https://bit.ly/2IAfVVR>.
- Roche-Delgado, L., J. P. Hernández-Touset y A. García-a Rodríguez (ago. de 2017). «Diseño conceptual de secador solar a escala piloto para algas marinas». En: Tecnología Química 37, 184 -200. Online: <https://bit.ly/3nOENID>.
- Sándor, Z. y col. (2020). «Effect of various soil cultivation methods on some microbial soil properties». En: DRC Sustainable Future 1.1, 14-20. Online: <https://bit.ly/318aPX2>.
- Smitherman, G.B. (2009). An Act to enact the Green Energy Act, 2009 and to build a green economy, to repeal the Energy Conservation Leadership Act, 2006 and the Energy Efficiency Act and to amend other statutes 2009.
- Solangi, K. y col. (2011). «A review on global solar energy policy». En: Renewable and sustainable energy reviews 15.4, 2149-2163. Online: <https://bit.ly/3lPEsEx>.
- Sommerfeld, J. y L. Buys (2014). «Australian consumer attitudes and decision making on renewable energy technology and its impact on the transformation of the energy sector». En: Open Journal of Energy Efficiency 3.3, 85-91. Online: <https://bit.ly/3j9mbR6>.
- Timilsina, G., L. Kurdgelashvili y P. Narbel (2012). «Solar energy: Markets, economics and policies». En: Renewable and sustainable energy reviews 16.1, 449-465. Online: <https://bit.ly/2Hec9Aw>.
- USDE (2010a). Solar energy grew at a record pace in 2008. URL: [http://apps1.eere.energy.gov/news/news\\_detail.cfm/news\\_id=12362](http://apps1.eere.energy.gov/news/news_detail.cfm/news_id=12362).
- USDE (2010b). Study: Solar Power Could Provide 102025. URL: [http://apps1.eere.energy.gov/news/news\\_detail.cfm/news\\_id=11835](http://apps1.eere.energy.gov/news/news_detail.cfm/news_id=11835).
- Wang, Q. (2010). «Effective policies for renewable energy—the example of China's wind power—lessons for China's photovoltaic power». En: Renewable and Sustainable Energy Reviews 14.2, 702-712. Online: <https://bit.ly/355RpDq>.
- Wang, Q. y H. Qiu (2009). «Situation and outlook of solar energy utilization in Tibet, China». En: Renewable and Sustainable Energy Reviews 13.8, 2181-2186. Online: <https://bit.ly/3j63L3s>.

## Enlace alternativo

<https://revistas.ups.edu.ec/index.php/granja/article/view/33.2021.10>  
(html)