

## REDUCIR LOS EXCEDENTES DE LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA POR MEDIO DE UN SECADOR SOLAR AUTOMATIZADO

---

***Mónica Leticia Acosta Miranda***

Tecnológico Nacional de México / Instituto  
Tecnológico de Cuautla, Coordinación de  
Posgrado

Yecapixtla, Morelos

ORCID ID:0000-0001-5564-8523

***Leonor Angeles Hernández***

Tecnológico Nacional de México / Instituto  
Tecnológico de Cuautla, Departamento de  
Sistemas y Computación

Yecapixtla, Morelos

ORCID ID: 0000-0002-7316-3906

***Julio Pérez Machorro***

Tecnológico Nacional de México / Instituto  
Tecnológico de Cuautla, Departamento de  
Desarrollo Académico

Yecapixtla, Morelos ORCID ID: 0009-0001-  
4934-3763

***Eliseo Alvarado-Cortes***

Tecnológico Nacional de México / Instituto  
Tecnológico de Cuautla, Estudiante de  
la carrera de Ingeniería en Sistemas  
Computacionales

Yecapixtla, Morelos

All content in this magazine is licensed under a Creative Commons Attribution License. Attribution-Non-Commercial-Non-Derivatives 4.0 International (CC BY-NC-ND 4.0).



**Resumen:** Buscando atender el problema que padecen cosecha tras cosecha los productores agrícolas sobre la pérdida de cultivos que no reúnen los estándares de comercialización y permanecen abandonados en los campos hasta el siguiente periodo de siembra, momento en que se convierten en basura que suma a las ya altas cantidades generadas día con día por las actividades cotidianas de la población y, de acuerdo con los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030, principalmente el número 12 Producción y consumo responsable; se trabaja en el diseño y construcción de un secador solar automatizado con un sistema de movimiento rotacional que le permite seguir los rayos solares por medio de la incorporación de componentes electrónicos, para así, obtener productos deshidratados nutritivos. Se han desarrollado dos versiones del prototipo cuya diferencia principal es el material con el que están construidas: madera y acero inoxidable de grado alimenticio 304, para una mejora en el tiempo de función y mayor aprovechamiento de absorción de la energía calórica. El sistema automatizado sigue la luz solar aprovechando la temperatura máxima logrando un alto rendimiento, un proceso más eficiente y reduciendo el tiempo de secado del producto. Se logró una deshidratación de jitomate en nueve horas y manzana en 5 horas a una temperatura ambiente de 29 grados centígrados. Se ha diseñado también la aplicación móvil que permite seguir el proceso y controlar las principales variables como: temperatura, humedad y radiación. Los principales beneficios del secador: ofrece a los agricultores una alternativa para aprovechar sus cosechas al máximo con lo que puede generar ingresos adicionales ofreciendo productos saludables a la población y todo esto con el uso de energía verde.

**Palabras Clave:** Pérdida de alimentos, Secador solar, deshidratación, energía solar.

## INTRODUCCIÓN

Frecuentemente se encuentran en las zonas agrícolas de México cultivos abandonados todavía con algunos productos que simplemente se deterioran o acaban por secarse, situación que resulta absurda cuando, a través de los medios de comunicación, se habla de personas que padecen hambre. De acuerdo a la Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares (ENIGH), en México 18.6 millones de familias tienen dificultad para satisfacer sus necesidades de alimentos (Ramírez, 2021).

Si esos alimentos perdidos y depositados en la basura se rescatan se puede contribuir al logro de la meta 2.4 del Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) número 2 “Hambre cero” de la Agenda 2030, que menciona: “De aquí a 2030, asegurar la sostenibilidad de los sistemas de producción de alimentos y aplicar prácticas agrícolas resilientes que aumenten la productividad y la producción, contribuyan al mantenimiento de los ecosistemas, fortalezcan la capacidad de adaptación al cambio climático...” (CEPAL, 2023).

Por otra parte, en el año 2020, se estimaron pérdidas de 23.7 millones de toneladas de producto desperdiciado al año, lo que equivale a 42 mil kilos de comida por minuto que se desecha a nivel nacional y a través de toda la cadena de valor, desde la producción en el campo, hasta el consumo final en los hogares. El mal manejo de los productos es una de las causas, ya que, de acuerdo al Banco Mundial, en el país se pierde el 34 por ciento de la producción agrícola en el trayecto del campo al consumo. Se calcula que, de los 931 millones de toneladas de desechos alimentarios que se generaron en 2019, alrededor del 61% procedían de los hogares, el 26% de los servicios de alimentación y el restante 13%, de la venta al por menor (SIAP, 2023).

Otra de las razones que ocasionan la pérdida de cultivos, se presenta por cuestiones

de estética, cuando el producto no reúne los estándares de comercialización aún y cuando sus propiedades permanecen intactas, o también cuando se produce una caída en los precios por sobreproducción y ya no resulta rentable para los productores cubrir los costos derivados de la cosecha, por lo que esta se abandona en el campo hasta el siguiente periodo de siembra, cuando se limpia el terreno y la cosecha perdida se convierte en basura que suma a las altas cantidades producto de las actividades cotidianas de la población.

La pérdida y el desperdicio de los alimentos afecta de forma grave al medio ambiente y a la estabilidad social y económica, ya que se pierden millones de metros cúbicos de agua al año, el alimento desperdiciado genera 193 millones de toneladas de gases de efecto invernadero, equivalente a los contaminantes que emiten 41 millones de vehículos al año (EdoMex, 2023). De igual manera, la energía que se pierde en la producción de alimentos desperdiciados podría proveer de electricidad a 274 millones de hogares (ExpokNews, 2023).

Esta problemática se encuentra contemplada en los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030, principalmente el número 12 “Producción y consumo responsable” e impacta en los ODS número 2 “Hambre cero” y número 11 “Ciudades y comunidades sostenibles”. Dentro de las acciones estratégicas del ODS 12 se menciona: “*Modificar los patrones de producción y consumo, particularmente en relación con el uso de energía y del territorio; ... propiciar acuerdos d producción limpia y la responsabilidad extendida del productor...*” (CEPAL, 2023, pág. 59).

Asimismo, la meta 12.3 plantea “*reducir a la mitad el desperdicio de alimentos per cápita mundial en la venta al por menor y a nivel de los consumidores y reducir las pérdidas de alimentos en las cadenas de producción y*

*suministro, incluidas las pérdidas posteriores a la cosecha*”. Los indicadores, en ambos casos son los índices de pérdidas y desperdicio de alimentos. Por otra parte, la meta 11.6 se refiere a la reducción del impacto ambiental negativo en las ciudades con especial atención a la gestión de los desechos y, como ya se mencionó, las cosechas perdidas se convierten en desechos contaminantes.

## PROPUESTA

Con la finalidad de atender la problemática planteada, se ha trabajado el diseño y elaboración del prototipo de un secador solar con sistema automatizado de movimiento rotacional, que sigue los rayos solares de la misma forma que un girasol (movimiento helio trópico) para que, a lo largo del día reciba el sol directamente y el secado de los productos se realice de una manera más rápida, ya que no perderá temperatura, todo esto mediante la incorporación de componentes electrónicos para su automatización y, de esta forma, deshidratar los productos que actualmente se desechan para convertirlos en alimentos nutritivos y que puede ser utilizado en el medio agrícola o en los hogares.

La deshidratación se ha utilizado para la preservación de alimentos a lo largo de la historia de la humanidad y, en este sentido, muchos procesos de deshidratación se han aplicado para disminuir el deterioro de los productos alimenticios, dando así un mejor uso a los alimentos al no dejarlos perder y estar en condiciones de almacenarlos por periodos de tiempo más largos y aprovecharlos en casos de sequías o inundaciones que ocasionan la pérdida de las cosechas y la escasez de los productos primarios.

Si bien existen en el mercado productos similares para el secado de los alimentos, estos no cuentan con la automatización que les permite seguir y aprovechar los rayos solares.

Se trabaja en dos versiones del prototipo: la

primera de madera y otra en acero inoxidable de grado alimenticio 304, con lo que se obtiene una mejora en el tiempo de función, dado el mayor aprovechamiento de absorción de energía calórica que los metales poseen. Al ser un material más resistente tiene una vida útil más larga, reduciendo así los costos de mantenimiento.

Ambas versiones cuentan con la misma estructura básica que se compone de tres partes principales. La caja de secado, en cuya parte inferior se encuentra un espacio que permite acoplar la caja con la base soporte, permitiendo así que la caja gire en su base de manera estable. En el mismo espacio se colocó un compartimiento para el mecanismo que permite el movimiento rotatorio del secador y el sistema electrónico. En la caja se encuentran las charolas para el producto, elaboradas con rejilla para que el aire circule fácilmente por su interior en un flujo continuo y sin “obstáculos”. En la parte central superior del contenedor de productos, se ubica la media esfera para fotorresistencias y sensores. La parte superior cuenta con una abertura que permite expulsar el aire contenido en el interior y la humedad de los productos.

La base soporte circular ensambla con la caja de alimentos. Esta pieza se mantendrá estática y es la encargada de soportar firmemente a las otras 2 piezas. La tercera pieza es la cama térmica, con un ángulo de inclinación de 35° que permite captar los rayos solares eficientemente. La parte baja, que es la más ancha, cuenta con una abertura, cuya función es la de permitir la entrada de aire a la cama inferior. La cama térmica se soporta con 2 ruedas que permiten la rotación del secador. La figura número 1 muestra las partes que componen el secador solar.

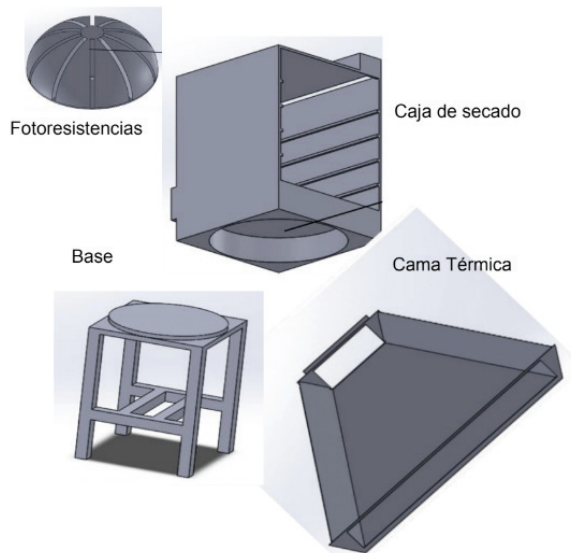


Fig.1. Partes del secador solar. Elaboración propia

La parte superior se une a la caja de secado enviando el flujo de aire caliente hacia las charolas con producto. La vista frontal de la cama está al descubierto para permitir la entrada de los rayos solares y así poder elevar la temperatura del aire. La rampa se encuentra cubierta de plástico. La cama térmica se une a la caja de secado por medio de una abertura en la parte frontal.

Dentro de los componentes que permiten la automatización del secador se cuenta con un motorreductor con un torque de 12 kg\*cm y una relación de 600:1, lo que significa que requiere 600 revoluciones por minuto para que la caja de engranajes gire siguiendo la trayectoria solar. Otro elemento es la tarjeta de adquisición de datos Arduino Mega 2560, placa de desarrollo basada en el microcontrolador ATmega2560, que permite programar de diferentes formas, siendo la mejor opción respecto a los costos. Su función es controlar el funcionamiento del driver puente h, tomar datos de los sensores y mandar las señales correspondientes para controlar el funcionamiento del giro. La tarjeta de control toma los datos de las fotorresistencias, evalúa la situación y manda la señal al controlador

punto h.

El Puente H doble L298N, se eligió ya que puede manejar dos motores fácilmente controlando su dirección y velocidad. Este módulo trabaja desde 3V hasta 35V, con una intensidad de hasta 2A, consume 3v así que los motores reciben 3 voltios menos de el voltaje ingresado. Incluye un regulador que permite una salida de 5v, si se alimenta entre 5 a 12v, de esta manera es posible asegurar que al momento que el Arduino envía la señal de las fotorresistencias, este se acciona de la manera correcta,

En el caso de la automatización se utilizaron las fotorresistencias como entradas analógicas en un rango de 5 volts, dependiendo de la intensidad de luz que reciban. Para el Sistema fotovoltaico autónomo se utilizaron dos módulos reguladores de voltaje xl4016 step down 250w 8a con lo que se regula la tensión de salida mediante un preset multivuelta de alta precisión capaz de alimentar una carga de hasta 8 A con una alta eficiencia. Posee un voltímetro incorporado que permite medir la tensión de salida.

El prototipo cuenta con 6 paneles solares de 12 volts a 1 Amper, conectados en dos secciones de tres paneles en paralelo y al mismo tiempo en serie, lo que da como resultado 24 voltios. Este voltaje es regulado por el módulo regulador de voltaje a 12 volts y enviado hacia el módulo control de carga que se encargará de controlar la carga de la batería, lo que finalmente da como resultado 12 volts, necesarios para el puente h y que, al mismo tiempo, regulan los 9 volts que requiere Arduino.

La conexión completa consta de la conexión del puente h, las 10 fotorresistencias hacia Arduino y del sistema fotovoltaico regulado que finaliza en un circuito único. El prototipo busca aprovechar la mayor cantidad de radiación solar, por lo que se requiere que tanto los paneles como la caja térmica

obtengan por mayor tiempo la máxima radiación solar durante el día. Para esto, se cuenta con dos modos de funcionamiento:

1. Automatización por tiempos que controla la dirección del prototipo con base al tiempo transcurrido durante el día. Este tipo de funcionamiento no necesita de variables entrantes o entradas, analógicas o digitales; por lo que, si alguna vez uno o más sensores fallan, este funcionamiento no será afectado siempre y cuando no existan problemas con la tarjeta de control.

2. Automatización por sensores fotorresistores. Este modo consiste en hacer uso de las resistencias fotoeléctricas que se encuentran en la parte superior de la caja que funcionan como impedimento de voltaje, lo que dependerá de la luz solar que incide sobre ellas.

Las medidas y componentes utilizados fueron determinados y planeados estratégicamente para evitar choques de aire dentro de la cámara ya que la combinación de aire frío y caliente puede ser perjudicial para el secado de los productos asegurando un proceso eficiente y seguro para los alimentos dentro de la cámara.

A manera de resumen el prototipo de secador solar automatizado cuenta con los elementos necesarios que le permiten girar sobre sí mismo a través de fotoceldas configuradas para capturar los datos sobre el posicionamiento del sol, ya que la automatización de los motores se produce con base a estos datos.

## CONCLUSIONES

Con este proyecto se pretende rescatar alimentos que aún conservan sus propiedades por medio de la deshidratación o secado para así poder contribuir al logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030 permitiendo que los alimentos se mantengan por mucho más tiempo, puedan ofrecerse al mercado a precios accesibles para estos productos primarios, dando paso a una era donde los alimentos no se desperdicien y se conviertan en merma, ya que es posible dar otra oportunidad deshidratándolo e incrementando su vida de anaquel. Ofrece a los agricultores una alternativa para aprovechar la mayor cantidad de producto y generar ingresos adicionales, al mismo tiempo que se ofrecen productos saludables a la población. Todo esto mediante el uso de energía verde.

El sistema automatizado posee un alto

rendimiento al seguir la luz solar aprovechando la temperatura máxima, logrando un proceso más eficiente y reduciendo el tiempo de secado del producto. En pruebas realizadas con jitomate, se logró una deshidratación del producto en nueve horas a una temperatura ambiente de 29 grados centígrados. Se trabaja también en la aplicación móvil que permite seguir el proceso y proporciona información sobre las principales variables a considerar como: temperatura, humedad y radiación.

Diversos organismos multilaterales han señalado que la reducción de la pérdidas y desperdicio de alimentos beneficia tanto a las personas como al planeta. Se busca contribuir a la reducción del hambre, intentar garantizar la seguridad alimentaria, combatir el cambio climático y, mitigar los efectos nocivos sobre la tierra, el agua, la biodiversidad y los sistemas de gestión de desechos.

## REFERENCIAS

CEPAL. (2023). *La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: en la mitad del camino hacia 2030. Objetivos, metas e indicadores*. Naciones Unidas. Recuperado el Agosto de 2023, de Comisión Económica para América Latina y el Caribe: <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/81eff451-0f82-4332-ae5-9f25f2950b45/content>

EdoMex. (septiembre de 2023). *Pérdida y el Desperdicio de Alimentos*. Obtenido de Gobierno del Estado de México: [https://edomex.gob.mx/desperdicio\\_alimentos](https://edomex.gob.mx/desperdicio_alimentos)

ExpokNews. (26 de septiembre de 2023). *Una mirada al costo real de nuestros desechos*. Obtenido de Expok: <https://www.expoknews.com/una-mirada-al-costo-real-de-nuestros-desechos/>

Ramírez, J. (29 de septiembre de 2021). *Hambre y desperdicio de alimentos en México*. Obtenido de Reporte Indigo: <https://www.reporteindigo.com/reporte/hambre-y-desperdicio-de-alimentos-en-mexico/>

SIAP. (23 de enero de 2023). *Las pérdidas y desperdicio de alimentos, un tema que sigue preocupando*. Obtenido de Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera: <https://www.gob.mx/siap/es/articulos/las-perdidas-y-desperdicio-de-alimentos-un-tema-que-sigue-preocupando>