

Diseño, construcción y validación funcional de un deshidratador solar sustentable utilizando materiales recuperados

Design, Construction, and Functional Validation of a Sustainable Solar Dehydrator Using Recovered Materials

María de la Luz Delgadillo Torres ^a, Mariana Bárcenas Castañeda ^a, Blanca Gabriela Cuevas González ^a,
Arturo Aguilar Pérez ^b

^aIngeniería Química y Bioquímica, TecNM/ Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec, 55210, Ecatepec de Morelos, Estado de México, México.

^bCentro Tecnológico Aragón, Facultad de Estudios Superiores Aragón, Universidad Nacional Autónoma de México, México.

Resumen

El aprovechamiento de la energía solar representa una alternativa sustentable para la conservación de alimentos. El objetivo del presente trabajo fue diseñar, construir y validar funcionalmente un deshidratador solar sustentable utilizando materiales recuperados provenientes de remanentes industriales. Para el desarrollo del prototipo se empleó una metodología basada en un análisis FODA y en el modelado mediante el software AutoCAD 2023, herramientas que permitieron establecer los criterios de diseño y definir la configuración estructural del sistema antes de su construcción. Posteriormente, el prototipo fue ensamblado utilizando policarbonato, acero inoxidable y componentes metálicos recuperados, y su funcionamiento se verificó mediante pruebas experimentales bajo condiciones ambientales naturales, empleando rodajas de manzana como material de estudio. Los resultados demostraron que el sistema presentó estabilidad durante la operación, incremento de la temperatura interna respecto al ambiente y capacidad funcional para favorecer la reducción gradual del contenido de humedad aprovechando la circulación natural del aire. La metodología implementada permitió validar el diseño, la construcción y la funcionalidad del prototipo, demostrando la viabilidad del empleo de materiales recuperados para el desarrollo de deshidratadores solares sustentables.

Palabras clave: deshidratación solar, materiales recuperados, energía renovable, sustentabilidad, diseño tecnológico.

Abstract

The use of solar energy represents a sustainable alternative for food preservation. The objective of this study was to design, construct, and functionally validate a sustainable solar dehydrator using recovered materials from industrial remnants. The prototype was developed using a methodology based on SWOT analysis and modeling with AutoCAD 2023, which enabled the establishment of design criteria and the definition of the system's structural configuration prior to construction. Subsequently, the prototype was assembled using polycarbonate, stainless steel, and recovered metallic components, and its operation was verified through experimental tests conducted under natural environmental conditions using apple slices as the test material. The results demonstrated that the system remained stable during operation, achieved higher internal temperatures than the surrounding environment, and exhibited the functional capacity to promote a gradual reduction in moisture content through natural air circulation. The implemented methodology enabled the validation of the prototype's design, construction, and functionality, demonstrating the feasibility of using recovered materials for the development of sustainable solar dehydration systems.

Keywords: solar dehydration, recovered materials, renewable energy, sustainability, technological design.

1. Introducción

La conservación de alimentos mediante procesos de deshidratación ha sido utilizada históricamente como una de

las principales estrategias para disminuir pérdidas postcosecha y prolongar la vida útil de productos agrícolas. La reducción del contenido de humedad permite limitar el crecimiento de microorganismos, disminuir reacciones químicas de deterioro y conservar durante mayor tiempo las

*Autor para la correspondencia: ldelgadillo@tесе.edu.mx

Correo electrónico: ldelgadillo@tесе.edu.mx (María de la Luz, Delgadillo Torres).

propiedades físicas, químicas y organolépticas de diversos alimentos. Debido a ello, la deshidratación continúa siendo una técnica ampliamente utilizada en aplicaciones domésticas, artesanales e industriales (Medina, 2015).

El proceso de secado consiste en remover agua presente en los alimentos mediante transferencia simultánea de calor y masa. Este procedimiento reduce la actividad acuosa del producto y disminuye la proliferación bacteriana, permitiendo conservar alimentos durante periodos prolongados sin necesidad de refrigeración continua. Entre los productos comúnmente deshidratados se encuentran frutas, vegetales, semillas y plantas aromáticas, debido a que presentan altos contenidos de humedad susceptibles al deterioro microbiológico (Nnamchi et al., 2025).

Además de incrementar la vida útil de los alimentos, la deshidratación permite reducir peso y volumen de almacenamiento, facilitando transporte, conservación y comercialización. Estas ventajas han favorecido el desarrollo de diferentes tecnologías de secado enfocadas en mejorar eficiencia energética y disminuir costos operativos en aplicaciones agrícolas e industriales (García et al., 2012).

1.1. Energía solar y tecnologías sustentables

Actualmente, el incremento en el consumo energético y la necesidad de implementar tecnologías sustentables han impulsado el desarrollo de sistemas de secado que emplean fuentes de energía renovable, particularmente la energía solar. Este tipo de tecnologías permite reducir el uso de combustibles fósiles, disminuir emisiones contaminantes y minimizar el impacto ambiental asociado a procesos industriales convencionales (Santamarta, 2004).

La energía solar representa una de las fuentes renovables con mayor potencial debido a su disponibilidad, bajo impacto ambiental y capacidad de aplicación en diferentes procesos térmicos. Los sistemas de deshidratación solar aprovechan la radiación incidente para incrementar la temperatura del aire y favorecer la evaporación de humedad presente en los alimentos, reduciendo significativamente el consumo eléctrico requerido en métodos tradicionales de secado (Guillén, 2019; Nigro et al., 2026).

México posee condiciones climáticas favorables para el aprovechamiento de energía solar debido a sus elevados niveles de irradiación durante gran parte del año. Estas características permiten desarrollar tecnologías de secado accesibles y de bajo costo, especialmente para aplicaciones rurales, académicas y domésticas. En distintas regiones del país, los sistemas solares representan una alternativa viable para el aprovechamiento de recursos naturales y el fortalecimiento de estrategias sustentables relacionadas con conservación alimentaria y reducción del desperdicio agrícola (Santamarta, 2004).

1.2. Problemática ambiental y aprovechamiento de materiales recuperados

A pesar de las ventajas asociadas a la deshidratación solar, muchos equipos comerciales presentan costos elevados de fabricación y operación, además de requerir materiales especializados y consumo constante de energía eléctrica para ventilación o control térmico. Esta situación limita su implementación en pequeños productores, comunidades rurales e instituciones educativas que requieren alternativas accesibles para el aprovechamiento de energía renovable (García et al., 2012).

Paralelamente, diversos procesos industriales generan remanentes metálicos y materiales que, en numerosos casos, son desechados aun cuando conservan propiedades físicas y mecánicas adecuadas para aplicaciones tecnológicas y experimentales. Materiales como policarbonato, aluminio y acero inoxidable provenientes de sobrantes industriales pueden aprovecharse en la fabricación de equipos sustentables debido a su resistencia térmica, durabilidad y facilidad de adaptación estructural (Yucailla et al., 2020).

El aprovechamiento de materiales recuperados contribuye a disminuir la generación de residuos industriales y favorece estrategias relacionadas con sostenibilidad y economía circular orientadas al uso responsable de recursos materiales. Además, la incorporación de este tipo de materiales permite desarrollar tecnologías accesibles enfocadas en el aprovechamiento de energía renovable y aplicaciones experimentales sustentables (Yucailla et al., 2020).

1.3. Diseño y construcción de prototipos sustentables

El diseño y construcción de prototipos sustentables constituye una etapa fundamental en el desarrollo de tecnologías para el aprovechamiento de energías renovables, ya que permite integrar criterios de funcionalidad, eficiencia, disponibilidad de materiales y facilidad de fabricación desde las primeras etapas del proyecto. En el caso de los deshidratadores solares, las decisiones relacionadas con la geometría del equipo, la captación de radiación solar, la circulación natural del aire y la selección de materiales influyen directamente en el comportamiento térmico y en el desempeño del sistema durante su operación. Por ello, el proceso de diseño representa un elemento esencial para garantizar la funcionalidad del prototipo antes de su construcción y validación experimental (Abdulmajeed et al., 2026; Nigro et al., 2026).

El desarrollo de prototipos sustentables incorpora, además, estrategias orientadas al aprovechamiento de materiales recuperados provenientes de remanentes industriales, con el propósito de reducir el consumo de materias primas y favorecer el reúso de componentes con potencial de aplicación tecnológica. Asimismo, el empleo de herramientas de diseño asistido por computadora permite definir dimensiones, distribución de componentes y criterios constructivos antes de la fabricación física del equipo, disminuyendo errores de manufactura y optimizando el proceso de construcción (Guillén, 2019). Bajo este enfoque, el diseño no sólo busca

obtener un sistema funcional, sino también integrar principios de sustentabilidad y economía circular en el desarrollo del prototipo.

La implementación de tecnologías sustentables de bajo costo resulta especialmente relevante en instituciones educativas, debido a que permite desarrollar proyectos experimentales orientados a la innovación tecnológica y al aprovechamiento de recursos reutilizables. En este sentido, documentar el proceso de diseño, construcción y validación funcional de prototipos constituye una aportación de interés para facilitar su reproducción, adaptación y aplicación en actividades académicas, de investigación y de desarrollo tecnológico.

1.4. Cálculo de pérdida de humedad

La pérdida de humedad representa la cantidad de agua removida de las muestras durante el proceso de deshidratación y constituye uno de los principales indicadores para evaluar el comportamiento del secado. En el presente estudio, este parámetro fue estimado mediante un procedimiento gravimétrico a partir de la diferencia entre la masa inicial y final de las muestras, considerando que la disminución de masa registrada durante el proceso correspondió principalmente al agua eliminada (Onwude et al., 2016).

En procesos de deshidratación solar, la pérdida de humedad depende de diferentes variables operativas, como la temperatura interna del sistema, la radiación solar, la circulación de aire, el tiempo de exposición y las características físicas de las muestras alimentarias (Onwude et al., 2016; Doymaz, 2017; Hssaini et al., 2021).

Para determinar el porcentaje estimado de pérdida de humedad (%PH) respecto a la masa inicial de las muestras se utilizó la ecuación (1) (Seremet et al., 2015; Doymaz, 2017; Hssaini et al., 2021):

$$\%PH = \frac{m_i - m_f}{m_i} \times 100 \quad (1)$$

Donde m_i corresponde a la masa inicial de la muestra antes del proceso de deshidratación (g) y m_f representa la masa final de la muestra después del proceso de secado (g) y %PH corresponde al porcentaje estimado de pérdida de humedad respecto a la masa inicial de la muestra.

2. Materiales y Método

El desarrollo del presente trabajo se realizó mediante una metodología enfocada en el diseño y construcción de un deshidratador solar sustentable utilizando materiales recuperados. El proceso metodológico comprendió las etapas de análisis de fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas (FODA), diseño conceptual, selección de materiales, modelado estructural, construcción del prototipo,

ensamblaje del sistema y evaluación funcional del deshidratador solar, tal como se muestra en la Figura 1.

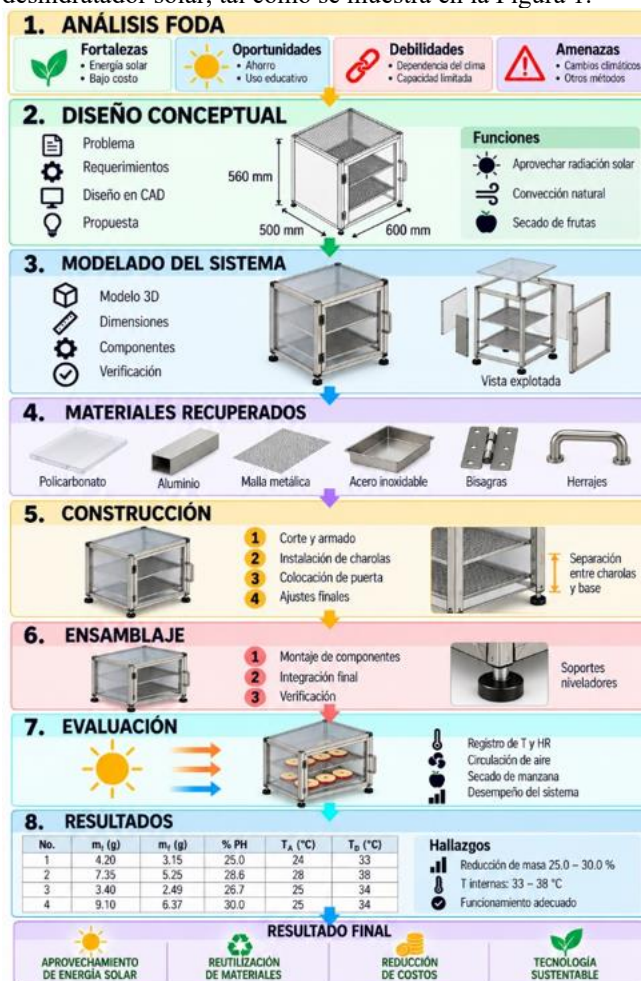


Figura 1: Procedimiento.

Inicialmente se efectuó una revisión de información relacionada con sistemas de deshidratación solar, aprovechamiento de energía renovable y aplicación de materiales recuperados en tecnologías sustentables. Posteriormente se establecieron las características generales del sistema considerando funcionalidad, estabilidad estructural, facilidad de ensamblaje y aprovechamiento de radiación solar.

El diseño conceptual del deshidratador se desarrolló mediante herramientas de diseño asistido por computadora utilizando el software AutoCAD 2023, permitiendo establecer la distribución general de los componentes y la configuración estructural del sistema antes de su fabricación.

Los materiales empleados para la construcción del prototipo fueron obtenidos a partir de remanentes generados durante procesos de fabricación de sistemas de refrigeración grado alimenticio. Entre los materiales recuperados se utilizaron polycarbonato, acero inoxidable, aluminio y componentes metálicos destinados al ensamblaje estructural del deshidratador solar. Posteriormente, se realizó la selección de los materiales considerando su estado físico, resistencia

mecánica, durabilidad, disponibilidad, dimensiones, facilidad de adaptación y compatibilidad con las condiciones térmicas de operación del sistema.

Para la construcción del prototipo se empleó policarbonato recuperado y componentes mecánicos destinados al soporte estructural y funcionamiento general del equipo. El policarbonato, utilizado como cubierta translúcida, presenta una baja conductividad térmica, con valores reportados de 0.163 a $0.179 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ en el intervalo de 15 a $45 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (McKinnon & Bellamy, 2024). Por su parte, el acero inoxidable AISI 304, comúnmente empleado en aplicaciones alimentarias, presenta valores de conductividad térmica del orden de $15\text{--}17 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ (Ramos et al., 2021), considerablemente superiores a los del policarbonato. Los materiales utilizados en la fabricación del deshidratador solar se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1: Materiales utilizados para la construcción del deshidratador solar.

Material	Aplicación principal	Procedencia	Costo (MXN)
Policarbonato	Cubierta translúcida	Remanente industrial	0
Acero inoxidable	Estructura principal	Remanente industrial	0
Malla metálica	Charolas de secado	Remanente industrial	0
Perfil angular	Soporte estructural	Remanente industrial	0
Soleras metálicas	Refuerzo mecánico	Comercial	90
Bisagras	Sistema de apertura	Comercial	20
Jaladera metálica	Acceso frontal	Comercial	30
Patas niveladoras	Nivelación del sistema	Comercial	300
Total			440

El costo total de los materiales utilizados para la construcción del prototipo fue de \$440 MXN, correspondiente únicamente a los componentes comerciales. El aprovechamiento de remanentes industriales permitió que los componentes recuperados no generaran costos de adquisición, reduciendo así el gasto asociado a la fabricación del deshidratador.

La construcción del sistema se llevó a cabo mediante procesos de adecuación y ensamblaje mecánico de los componentes seleccionados. Asimismo, se integraron bandejas metálicas y una cubierta translúcida para favorecer la circulación natural del aire y el aprovechamiento de radiación solar dentro del sistema.

Durante la fabricación se verificó la correcta integración de los componentes y la estabilidad estructural del prototipo. Finalmente, el deshidratador solar fue sometido a pruebas generales de funcionamiento con la finalidad de evaluar su operación y verificar el aprovechamiento de energía solar dentro del sistema.

El empleo de materiales recuperados permitió contribuir al aprovechamiento responsable de remanentes industriales con potencial de aplicación tecnológica, promoviendo estrategias orientadas a sostenibilidad y reutilización de recursos.

Resultados

3.1. Análisis FODA del deshidratador solar

Con la finalidad de evaluar la viabilidad técnica y sustentable del prototipo desarrollado, se realizó un análisis FODA considerando factores internos y externos relacionados con el diseño y construcción del deshidratador solar. Este análisis permitió identificar aspectos favorables y limitaciones asociadas al sistema construido.

Entre las principales fortalezas del prototipo destacan el aprovechamiento de energía solar y el empleo de materiales recuperados provenientes de remanentes industriales, lo que permitió desarrollar un sistema funcional orientado al aprovechamiento responsable de recursos con potencial de aplicación tecnológica. Asimismo, el prototipo presentó una estructura compacta y funcional adecuada para aplicaciones académicas y experimentales.

Respecto a las oportunidades, el deshidratador solar representa una alternativa viable para comunidades rurales y pequeños productores interesados en tecnologías sustentables orientadas a la conservación alimentaria mediante aprovechamiento de energía renovable. Además, el proyecto favorece estrategias relacionadas con sostenibilidad, aprovechamiento de materiales recuperados y aplicación de energías renovables en sistemas experimentales.

Por otra parte, se identificaron debilidades relacionadas principalmente con la dependencia de condiciones climáticas y la limitada capacidad térmica del sistema en comparación con equipos industriales. Asimismo, factores externos como variaciones climáticas y competencia con sistemas comerciales representan posibles amenazas para aplicaciones a mayor escala.

El análisis FODA (Figura 2) permitió establecer una visión general del comportamiento técnico y funcional del prototipo, así como identificar áreas de mejora relacionadas con optimización térmica y capacidad operativa del sistema.

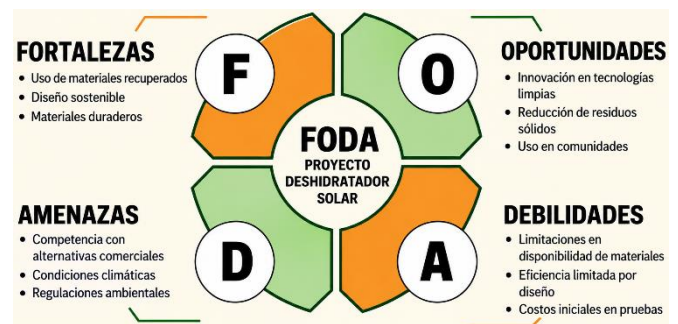


Figura 2: Análisis FODA, de forma sintetizada.

A partir de este análisis se identificaron las principales problemáticas asociadas al desarrollo del deshidratador solar, considerando criterios relacionados con fabricación, especialización técnica, tiempo de desarrollo y costo de implementación. Las problemáticas identificadas durante el desarrollo del prototipo se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2: Problemática identificada.

Problemática identificada	Retos	Impacto
Fabricación	El uso de materiales recuperados puede dificultar el ajuste y ensamblaje de componentes.	Posibles dificultades en la construcción y durabilidad del prototipo.
Especialización	Se requieren conocimientos básicos de diseño térmico y ensamblaje.	Un diseño inadecuado puede disminuir el desempeño del sistema.
Tiempo	La preparación y adecuación de materiales recuperados requiere mayor tiempo.	Retraso en la construcción e implementación del prototipo.
Costo	La adaptación de algunos materiales puede generar gastos adicionales.	Posible incremento en los costos de fabricación.

Con base en la problemática identificada, se realizó un análisis de prioridades con la finalidad de determinar el nivel de influencia de cada aspecto sobre el desarrollo del deshidratador solar. Para ello, se consideraron los criterios de fabricación, especialización técnica, tiempo de desarrollo y costo de implementación. Cada problemática fue valorada de acuerdo con su nivel de influencia sobre estos criterios mediante tres categorías: alta (A), media (M) y baja (B). A partir de la valoración conjunta de estos criterios se estableció el nivel de prioridad de cada problemática, empleando las mismas categorías de clasificación. Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 3.

Tabla 3: Establecimiento de prioridades.

Problemática	Criterios de evaluación				
	Fabricación	Especialización	Tiempo	Costo	Prioridad
Uso de materiales recuperados puede dificultar	A	A	B	M	A

la estandarización y ensamblaje.					
Requiere conocimientos avanzados en diseño térmico, soldadura y ensamblaje.	M	M	B	B	M
La recolección y preparación de materiales recuperados incrementa el tiempo necesario para el desarrollo.	M	M	M	B	M
Adaptar materiales recuperados puede generar gastos imprevistos.	B	M	B	M	M

Nota: A = Alta, M = Media y B = Baja. Estas categorías representan el nivel de influencia de cada problemática sobre los criterios evaluados y su prioridad correspondiente.

A partir de las prioridades establecidas en la Tabla 3, se definieron diferentes alternativas de solución orientadas a disminuir el impacto de las problemáticas identificadas durante el desarrollo del sistema. Las estrategias propuestas estuvieron enfocadas en mejorar el proceso de fabricación, optimizar el aprovechamiento de materiales recuperados, reducir tiempos de construcción y mejorar el funcionamiento general del prototipo. Las principales alternativas de solución implementadas se presentan en la Tabla 4.

Tabla 4: Alternativas de solución.

Problemática identificada	Alternativas
Fabricación	Inspeccionar y clasificar los materiales recuperados para asegurar su calidad antes del proceso de fabricación.
Especialización	Incluir expertos en ingeniería térmica para guiar el diseño.
Tiempo	Diseñar un plan de trabajo con tiempos asignados a cada etapa. Utilizar materiales nuevos en las partes más críticas del diseño para reducir el tiempo.
Costo	Crear un presupuesto detallado con márgenes de contingencia. Reutilizar herramientas existentes y minimizar desperdicios.

Mediante el análisis FODA (Figura 2) y las Tablas 2, 3 y 4 se logró identificar y priorizar los aspectos relacionados con la fabricación, especialización, tiempo y costo, así como establecer las alternativas consideradas durante el desarrollo del prototipo. La participación de expertos en el área permitió orientar la toma de decisiones durante la etapa de diseño. Entre estas decisiones, las dimensiones generales del deshidratador se definieron a partir de la sección de acero inoxidable recuperado de mayor tamaño disponible, con la finalidad de aprovechar al máximo el material y reducir los cortes y desperdicios. La aplicación de las alternativas

permitió realizar de manera planificada la selección y aprovechamiento de los materiales, organizar las etapas de fabricación y utilizar los recursos disponibles de acuerdo con las necesidades del proyecto. Como resultado, el prototipo se construyó conforme a lo planeado, sin requerir modificaciones durante su desarrollo. Asimismo, los materiales recuperados fueron suficientes para su construcción y se contó con material excedente al finalizar el proceso.

Con base en este análisis se establecieron los criterios de diseño relacionados con la funcionalidad del sistema, la selección de materiales recuperados, la captación de radiación solar y la circulación natural del aire. A partir de estos criterios se desarrolló el diseño conceptual del deshidratador solar.

3.2. Diseño

El deshidratador solar fue modelado utilizando el software AutoCAD 2023, herramienta de diseño asistido por computadora que permitió desarrollar representaciones bidimensionales e isométricas del sistema antes de su construcción física. El modelado digital facilitó la visualización general del prototipo, la distribución de sus componentes y la verificación de su factibilidad constructiva, permitiendo identificar oportunamente posibles ajustes dimensionales y de ensamblaje durante la etapa de diseño.

Durante el proceso de diseño se priorizaron criterios orientados a garantizar la funcionalidad del prototipo bajo condiciones de operación mediante convección natural. Para ello, se consideraron aspectos relacionados con la estabilidad estructural, la integración de las bandejas metálicas, la ubicación de la cubierta translúcida, la captación de radiación solar, la circulación natural del aire y la selección de materiales recuperados. Asimismo, el modelado permitió establecer las dimensiones aproximadas del prototipo y verificar el ensamble de los componentes antes de su fabricación física.

La configuración seleccionada respondió a criterios de funcionalidad, facilidad de construcción y aprovechamiento de la energía solar. Se adoptó una geometría prismática debido a que facilita el ensamblaje de los componentes recuperados y proporciona una distribución uniforme del espacio interno para la colocación de las muestras. La incorporación de dos charolas metálicas permitió incrementar el área útil de secado sin interferir con la circulación natural del aire dentro de la cámara. De manera similar, la cubierta de policarbonato fue seleccionada por su capacidad para permitir el paso de la radiación solar hacia el interior del sistema. El policarbonato utilizado fue recuperado de remanentes generados en la fabricación de sistemas de refrigeración grado alimenticio y se empleó exclusivamente como cubierta translúcida, sin contacto directo con las muestras, las cuales fueron colocadas sobre charolas metálicas. Esta consideración resulta relevante debido a que la migración de compuestos desde materiales de policarbonato puede estar influenciada, entre otros factores,

por la temperatura y las condiciones de contacto con el alimento (Park et al., 2018). Durante la validación del prototipo, la temperatura máxima registrada fue de 38 °C. Por otra parte, se seleccionó una estructura de acero inoxidable debido a su resistencia mecánica y durabilidad, características que favorecen la estabilidad estructural del prototipo durante su operación. Asimismo, la puerta frontal facilita el acceso a la cámara de secado para la colocación y retiro de las muestras sin alterar la configuración del sistema.

La configuración adoptada coincide con la tendencia reportada en prototipos de deshidratadores solares de convección natural, donde las geometrías prismáticas favorecen la fabricación mediante componentes planos y permiten una distribución uniforme de las bandejas de secado (Esper & Mühlbauer, 1998; Janjai & Bala, 2012). A diferencia de diseños que incorporan colectores solares independientes o sistemas de circulación forzada, el presente prototipo integra la captación solar y la cámara de secado en una sola estructura compacta, simplificando su construcción y operación.

Las Figuras 3, 4, 5, 6 y 7 presentan el modelo conceptual definitivo del deshidratador solar desarrollado mediante AutoCAD 2023, el cual refleja la geometría del sistema, la distribución de sus componentes y la selección de los materiales recuperados considerados para su construcción.

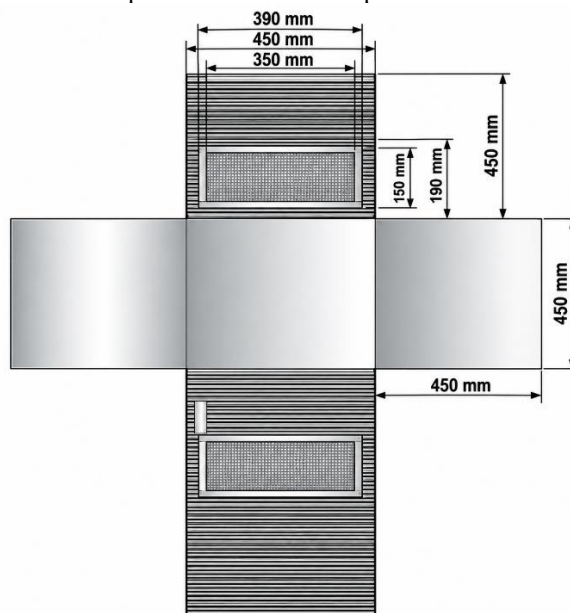


Figura 3: Dimensiones que conforman las paredes del deshidratador.

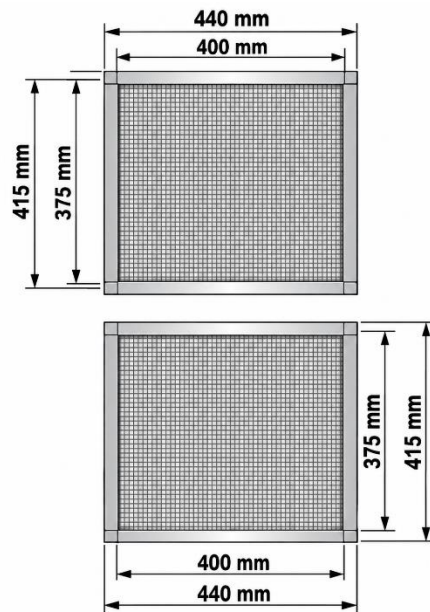


Figura 4: Dimensiones que conforman las charolas dentro del deshidratador.

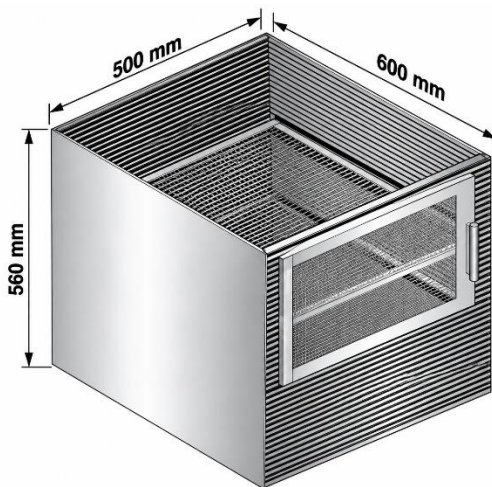


Figura 5: Vista isométrica lateral completa.

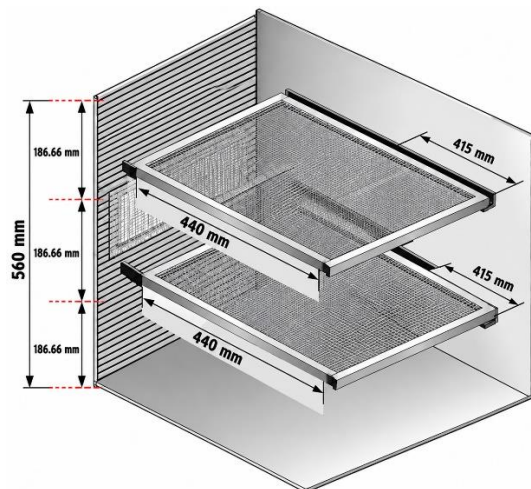


Figura 6: Vista isométrica interna.

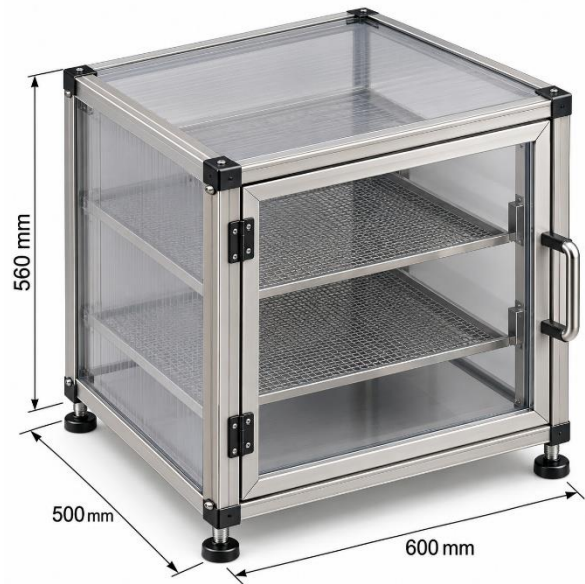


Figura 7: Prototipo de deshidratador.

El prototipo presentó dimensiones generales de aproximadamente 60 cm de ancho, 50 cm de profundidad y 56 cm de altura, mientras que las charolas de secado mostraron dimensiones externas de 44×41.5 cm y un área útil de secado de 40×37.5 cm (ver Tabla 5).

Como se observa en la Tabla 5, la mayor parte de los componentes estructurales del prototipo fueron obtenidos a partir de materiales recuperados provenientes de remanentes industriales, mientras que únicamente algunos elementos auxiliares de ensamble y operación correspondieron a componentes comerciales.

Tabla 5: Especificación de dimensiones.

Componente	Dimensiones	Función	Origen
Estructura principal	$60 \times 50 \times 56$ cm	Soporte estructural	Recuperado
Paneles de policarbonato	45×45 cm	Captación solar	Recuperado
Charolas	44×41.5 cm	Soporte de muestras	Recuperado
Perfil angular	3.66 m	Estructura de soporte	Recuperado
Soleras	38 mm	Refuerzo estructural	Comercial
Bisagras	9.6 cm	Apertura de puerta	Comercial
Jaladera	10 cm	Manipulación de puerta	Comercial
Patas	50 mm	Estabilidad del equipo	Comercial
Área útil de secado de las charolas	40×37.5 cm	Superficie de secado	No aplica

Las dimensiones del prototipo fueron definidas considerando criterios de funcionalidad, distribución

uniforme de las muestras y circulación natural del aire. La configuración seleccionada favorece el aprovechamiento de la radiación solar y permite una disposición adecuada de las charolas para facilitar el flujo natural del aire durante el proceso de deshidratación. Estas características sustentan las decisiones de diseño adoptadas y proporcionan una configuración adecuada para la construcción y la validación funcional del prototipo.

La utilización predominante de materiales recuperados diferencia al presente prototipo de otros diseños experimentales desarrollados con materiales comerciales o específicamente adquiridos para su fabricación (Guillén, 2019). Esta estrategia permitió conservar las características funcionales del sistema utilizando componentes provenientes de remanentes industriales, manteniendo el enfoque sustentable propuesto desde la etapa de diseño.

3.3. Construcción del deshidratador solar

Para la construcción del deshidratador solar se realizó los materiales presentados en la Tabla 5. La estructura principal fue elaborada empleando acero inoxidable y perfiles metálicos, proporcionando estabilidad mecánica y resistencia a condiciones ambientales y térmicas.

Posteriormente se integraron bandejas metálicas destinadas al proceso de deshidratación de alimentos, permitiendo favorecer la circulación natural del aire dentro del sistema. Asimismo, se instaló una cubierta translúcida de policarbonato con la finalidad de aprovechar la radiación solar mediante efecto invernadero y favorecer el incremento de temperatura interna del prototipo.

El ensamblaje del sistema se llevó a cabo mediante uniones mecánicas y adecuaciones estructurales sencillas, facilitando la integración de los componentes y permitiendo desarrollar un prototipo compacto y funcional. Durante la construcción se verificó la estabilidad estructural y la correcta integración de cada elemento del sistema, asegurando el adecuado funcionamiento del deshidratador solar (Figuras 8 y 9).

Diversos estudios han señalado que la selección de materiales constituye uno de los principales factores que influyen en la durabilidad y funcionalidad de los deshidratadores solares (Janjai & Bala, 2012; Hernández et al., 2017). En este trabajo se priorizó el empleo de acero inoxidable y policarbonato recuperados, materiales que ofrecieron la resistencia mecánica y las propiedades necesarias para la construcción del prototipo sin requerir modificaciones significativas en su configuración original.



Figura 8: Vista interna del prototipo.



Figura 9: Prototipo real de deshidratador.

El prototipo construido presentó una estructura resistente y funcional para aplicaciones básicas de conservación alimentaria mediante aprovechamiento de energía solar y empleo de materiales recuperados.

3.4. Prueba de validación del prototipo

Con la finalidad de evaluar el desempeño térmico y funcional del deshidratador solar construido, se realizó una prueba inicial de validación utilizando exclusivamente rodajas de manzana de aproximadamente 5 mm de espesor como material de estudio, debido a su elevado contenido de humedad y facilidad para evidenciar los cambios físicos asociados al proceso de deshidratación solar. La prueba tuvo como propósito verificar el funcionamiento del prototipo mediante el registro de la temperatura y la pérdida de masa, sin plantear una comparación entre diferentes alimentos o equipos comerciales. Las pruebas se efectuaron bajo condiciones ambientales naturales durante el mes de abril, aprovechando periodos de mayor incidencia de radiación solar característicos de la temporada, con un tiempo efectivo de exposición aproximado de ocho horas diarias durante cinco días consecutivos.

Las muestras fueron colocadas sobre las bandejas metálicas ubicadas en el interior del deshidratador,

procurando mantener una distribución uniforme para favorecer la circulación natural del aire caliente dentro del sistema, tal como se observa en la Figura 10. El proceso experimental consistió en cuatro repeticiones independientes realizadas bajo las mismas condiciones de operación. Durante la validación también se registraron la temperatura ambiente y la temperatura interna alcanzada dentro del deshidratador, con el propósito de verificar la capacidad del sistema para incrementar la temperatura mediante el aprovechamiento exclusivo de la radiación solar.



Figura 10: Prueba de validación.

Durante cada ensayo se registraron los valores de masa inicial total (m_i), masa final total (m_f), temperatura ambiente (T_A) y temperatura interna alcanzada dentro del deshidratador (T_D). Los resultados obtenidos durante las cuatro repeticiones independientes se presentan en la Tabla 6.

Tabla 6: Resultados de la prueba de validación.

No.	m_i (g)	m_f (g)	% PH	T_A (°C)	T_D (°C)
1	4.20	3.15	25.0	24	33
2	7.35	5.25	28.6	28	38
3	3.40	2.49	26.7	25	34
4	9.10	6.37	30.0	25	34

Como se observa en la Tabla 6, el deshidratador solar alcanzó temperaturas internas comprendidas entre 33 y 38 °C, con un valor promedio de 34.6 °C, superiores a la temperatura ambiente promedio registrada durante las pruebas (26.0 °C). Al finalizar el periodo experimental, la temperatura ambiente fue de 28.5 °C, lo que evidencia que el sistema fue capaz de incrementar la temperatura interna mediante el aprovechamiento de la radiación solar y el efecto de confinamiento térmico generado por la cubierta translúcida de policarbonato. Este comportamiento coincide con el reportado para deshidratadores solares pasivos de convección natural, en los cuales el incremento térmico depende principalmente de la radiación solar incidente, las propiedades de la cubierta y la circulación natural del aire (Janjai & Bala, 2012; El-Mesery et al., 2022; Henriques et al., 2025). En consecuencia, el comportamiento térmico observado durante la validación confirma que la configuración geométrica y los materiales

seleccionados favorecen el funcionamiento del prototipo bajo condiciones de convección natural.

Los resultados obtenidos evidencian una reducción de masa en las muestras de manzana, con porcentajes de pérdida entre 25.0 y 30.0 %. La reducción de masa observada es consistente con la eliminación de agua durante el proceso de deshidratación, favorecida por el incremento de temperatura alcanzado en el interior del prototipo y por la circulación natural del aire caliente. Este comportamiento es consistente con lo reportado para sistemas de deshidratación solar pasivos, en los cuales la eliminación de agua depende de las condiciones ambientales y de las características del producto sometido al proceso (Doymaz, 2017; Hernández et al., 2017).

Asimismo, durante el proceso experimental se observaron cambios físicos característicos del secado por convección natural, principalmente reducción de volumen, ligera contracción superficial y modificación de la textura de las muestras. Paralelamente, el prototipo mantuvo un comportamiento estructural estable durante toda la operación, sin presentar deformaciones visibles, pérdida de rigidez o desplazamiento de las bandejas, lo que confirma el adecuado desempeño de los materiales recuperados empleados en su construcción y la funcionalidad de la configuración propuesta.

A diferencia de sistemas industriales o deshidratadores solares con circulación forzada, el prototipo desarrollado operó exclusivamente mediante convección natural, presentando un proceso gradual de deshidratación asociado a las temperaturas moderadas alcanzadas durante la operación. Este comportamiento coincide con lo reportado para sistemas solares pasivos, donde la eficiencia del proceso depende principalmente de la radiación solar disponible, las condiciones ambientales y las características constructivas del equipo (Janjai & Bala, 2012; Henriques et al., 2025; Unar et al., 2026).

Tabla 7: Comparación de las condiciones y tiempos de secado de manzana en diferentes sistemas solares.

Sistema	Convección	Esesor de manzana (mm)	Temperatura de secado (C)	Tiempo/ periodo experimental	Referencia
Secador solar pasivo de bandejas	Natural	5	40	40 % menor vs. secado al sol	Aboud (2013)
Secador solar pasivo indirecto, dos charolas	Natural	≈5	43–71	3 días (≈12 h acumulada)	Muciaccia et al. (2024)
Secador solar portátil	Forzada	3.6	47–55	10–10.5 h	Ngueagni & Mawire (2025)
Prototipo desarrollado	Natural	5	33–38	5 días (≈40 h de exposición solar)	Presente estudio

La comparación con los estudios reportados en la literatura (Tabla 7) muestra que la duración del proceso varía de acuerdo con las características del sistema y las condiciones de operación. Muciaccia et al. (2024), utilizando un secador solar pasivo de convección natural y rodajas de manzana de aproximadamente 5 mm, realizaron el proceso durante tres días consecutivos, mientras que en el presente estudio las muestras permanecieron durante cinco días, con aproximadamente 8 h diarias de exposición solar. Esta diferencia puede asociarse, entre otros factores, con las mayores temperaturas alcanzadas en el sistema reportado por dichos autores. Por su parte, Ngueagni y Mawire (2025) reportaron tiempos de 10–10.5 h utilizando circulación forzada del aire. Sin embargo, estos periodos no representan condiciones equivalentes de secado ni un mismo contenido final de humedad, por lo que su comparación debe interpretarse considerando el tipo de circulación de aire, la temperatura alcanzada y las condiciones particulares de operación de cada estudio.

Tabla 8. Comparación del costo de fabricación del prototipo con deshidratadores solares comerciales disponibles en México.

Sistema	Número de charolas	Dimensiones (cm)	Costo (MXN)
Prototipo desarrollado	2	60 × 50 × 56	\$440
Deshidratador solar Camelia	4	26 × 40 × 46	\$1,700
Deshidratador solar comercial	1	58 × 46.5 × 18	\$1,800
Deshidratador solar comercial	4	No especificadas	\$3,300

Nota: Precios comerciales consultados en Mercado Libre México en septiembre de 2026.

El costo de los materiales empleados para la fabricación del prototipo fue de \$440 MXN, valor inferior a los precios de los deshidratadores solares comerciales considerados en la comparación (Tabla 8). Esta diferencia se relaciona principalmente con el aprovechamiento de materiales recuperados, cuyo costo de adquisición fue nulo en el presente estudio. Sin embargo, la comparación es únicamente económica, debido a las diferencias existentes entre los equipos en cuanto a dimensiones, número de charolas y características constructivas.

Los resultados obtenidos demuestran que el prototipo construido cumple satisfactoriamente con los requerimientos funcionales establecidos durante la etapa de diseño, constituyendo una alternativa sustentable para aplicaciones académicas, de investigación y de pequeña escala relacionadas con la deshidratación solar.

4. Conclusiones

El proceso de diseño permitió desarrollar un deshidratador solar de convección natural considerando criterios de funcionalidad, aprovechamiento de la radiación solar y

empleo de materiales recuperados provenientes de remanentes industriales. La integración del análisis FODA, el modelado mediante AutoCAD (2023) y la selección de componentes facilitó la construcción de un prototipo con características estructurales adecuadas para aplicaciones de deshidratación solar a pequeña escala.

La construcción del equipo demostró que es posible fabricar un deshidratador solar funcional mediante el aprovechamiento de materiales recuperados, principalmente policarbonato y acero inoxidable, reduciendo el uso de materiales nuevos sin comprometer la estabilidad mecánica ni la operación del sistema. Esta estrategia representa una alternativa viable para el desarrollo de tecnologías sustentables orientadas al aprovechamiento de recursos disponibles.

La validación funcional confirmó el correcto desempeño del prototipo bajo condiciones ambientales naturales, permitiendo la deshidratación de las muestras mediante convección natural. Los resultados obtenidos mostraron un funcionamiento estable del sistema durante las pruebas realizadas.

La metodología empleada para el diseño, construcción y validación funcional demostró ser una alternativa técnicamente viable para el desarrollo de deshidratadores solares sustentables destinados a actividades académicas, de investigación y aplicaciones de pequeña escala.

Como perspectiva futura, se propone ampliar la evaluación experimental del prototipo mediante el estudio de diferentes productos alimenticios y condiciones de operación, así como analizar la influencia de variables como la radiación solar, la humedad relativa y la velocidad del aire sobre el proceso de deshidratación. Asimismo, se plantea evaluar alternativas de mejora en la circulación del aire y realizar estudios de eficiencia térmica y energética que permitan optimizar el desempeño del sistema.

5. Referencias

- Abdulmajeed, A. E. A., Tuncer, A. D., & Gungor, A. (2026). Design and performance investigation of a mixed-mode solar dryer for efficient drying of different agricultural products: CFD simulations and experimental analysis. *Solar Energy*, 307, 114330. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2026.114330>
- Aboud, A. (2013). Drying characteristic of apple slices undertaken the effect of passive shelf solar dryer and open sun drying. *Pakistan Journal of Nutrition*, 12(3), 250–254. <https://doi.org/10.3923/pjn.2013.250.254>
- Doymaz, İ. (2017). Drying kinetics, rehydration and colour characteristics of convective hot-air drying of carrot slices. *Heat and Mass Transfer*, 53(1), 25–35. <https://doi.org/10.1007/s00231-016-1791-8>
- El-Mesery, H. S., El-Seesy, A. I., Hu, Z., & Li, Y. (2022). Recent developments in solar drying technology of food and agricultural products: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 157, 112070. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.112070>
- Esper, A., & Mühlbauer, W. (1998). Solar drying. An effective means of food preservation. *Renewable Energy*, 15(1–4), 95–100. [https://doi.org/10.1016/S0960-1481\(98\)00143-8](https://doi.org/10.1016/S0960-1481(98)00143-8)
- García, L. E., Mejía, M. F., Mejía, D. J., & Valencia, C. A. (2012). Diseño y construcción de un deshidratador solar de frutos tropicales. *AVANCES Investigación en Ingeniería*, 9(2), 09–19.

- Guillén, M. A. (2019). *Diseño, construcción y evaluación de un deshidratador solar para tomate* [Trabajo de graduación para optar al grado de Licenciado en Ingeniería Mecánica Industrial, Universidad del Valle de Guatemala].
- Henriques, B. R., Moumami, M. B., Romannazzi, G., Bourvellec, C., Cardoso, S. M., & Wessel, D. E. (2025). A comparative study of traditional sun drying and hybrid solar drying on quality, safety, and bioactive compounds in Pingo de Mel fig. *Antioxidants*, 14(3), Article 362. <https://doi.org/10.3390/antiox14030362>
- Hernández, G. V., Olvera, G. O., Guzmán, T. P., & Morrillón, D. G. (2017). Secado de frutas y verduras con energía solar. *Revista de Sistemas Experimentales*, 4(11), 22–33.
- Hssaini, L., Ouabou, R., Hanine, H., Razouk, R., & Idlimam, A. (2021). Kinetics, energy efficiency and mathematical modeling of thin layer solar drying of figs (*Ficus carica* L.). *Scientific Reports*, 11, 21266. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-00690-z>
- Janjai, S., & Bala, B. K. (2012). Solar drying technology. *Food Engineering Reviews*, 4(1), 16–54. <https://doi.org/10.1007/s12393-011-9044-6>
- McKinnon, M. B., & Bellamy, G. T. (2024). Fire Safety Research Institute Materials and Products database-A resource to support fire modeling. *Journal of Fire Sciences*, 42(3), 175–216. <https://doi.org/10.1177/07349041241235566>
- Medina, J. C. (2015). Estudio del proceso de deshidratación de alimentos frutícolas: Empleo de microondas y energía solar (Tesis doctoral, Universidad Nacional de La Plata). Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de La Plata.
- Muciaccia, P. F., Nigro, A., Aquilanti, A., Tomassetti, S., Muccioli, M., & Di Nicola, G. (2024). A preliminary experimental and numerical analysis of a novel solar dryer. *Energies*, 17(23), 6059. <https://doi.org/10.3390/en17236059>
- Nigro, A., Tomassetti, S., Demissie, T. N., & Di Nicola, G. (2026). Design, experimental characterization and numerical analysis of a compact nearly spherical solar dryer. *Solar Energy*, 316, 114910. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2026.114910>
- Ngueagni, P. T., & Mawire, A. (2025). Experimental investigation of a portable solar dryer for apple drying. *Scientific African*, 28, e03012. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2025.e03012>
- Nnamchi, O., Tom, C., Akpan, G., Umunna, M., Ubong, D., Ibeh, M., Linus-Chibueze, A., Akuwueke, L., Nnamchi, S., Ben, A., & Ndukwu, M. (2025). Solar dryers: A review of mechanism, methods and critical analysis of transport models applicable in solar drying of product. *Green Energy and Resources*, 3(2), 100118. <https://doi.org/10.1016/j.gerr.2025.100118>
- Onwude, D. I., Hashim, N., Janius, R. B., Nawi, N. M., & Abdan, K. (2016). Modeling the thin-layer drying of fruits and vegetables: A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 15(3), 599–618. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12196>
- Park, S. R., Park, S. J., Jeong, M. J., Choi, J. C., Kim, M. K., & Lee, K. G. (2018). Fast and simple determination and exposure assessment of bisphenol A, phenol, p-tert-butylphenol, and diphenylcarbonate transferred from polycarbonate food-contact materials to food simulants. *Chemosphere*, 203, 300–306. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.03.185>
- Ramos, N. P., Antunes, M. M., & Lima e Silva, S. M. M. (2021). An experimental and straightforward approach to simultaneously estimate temperature-dependent thermophysical properties of metallic materials. *International Journal of Thermal Sciences*, 166, 106960. <https://doi.org/10.1016/j.ijthermalsci.2021.106960>
- Santamarta, J. (2004). Las energías renovables son el futuro. *World Watch*, 22(3440), 16.
- Seremet (Ceclu), L., Botez, E., Nistor, O. V., Andronoiu, D. G., & Mocanu, G.-D. (2015). Effect of different drying methods on moisture ratio and rehydration of pumpkin slices. *Food Chemistry*, 174, 104–110. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.03.125>
- Unar, S. G., Khatri, S. A., Mirjat, N. H., Shaikh, P. H., Zaidi, S. A. R. A., & Arain, M. F. (2026). Solar drying technologies: A review of design, efficiency and environmental impacts. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 226, 116339. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2025.116339>
- Yucailla, E. D. C., Martínez, M. P. P., & Lara, G. F. R. (2020). El reciclaje de madera: Una herramienta para emprender y cuidar el planeta. *INNOVA Research Journal*, 5(1), 150–165.