

Aprendizaje de las ciencias: Secado de alimentos como proyecto STEM

Science learning: Food drying as a STEM project

Fátima María Isabel de los Santos García^{1a} , Carmen del Pilar Suárez Rodríguez^{1b}  

¹Universidad Autónoma de San Luis Potosí, {^aFacultad de Ciencias y Facultad de Ingeniería, ^bIngeniería Mecánica Eléctrica, Coordinación Académica Región Huasteca Sur}

RESUMEN

El aprendizaje bajo enseñanza STEM y el trabajo por proyectos se ha extendido ampliamente, pero aún quedan preguntas acerca de su reproducibilidad y eficacia en diferentes contextos académicos latinoamericanos. El objetivo de este trabajo es describir el desempeño de estudiantes de ingeniería de una zona rural y de una urbana de San Luis Potosí, México, en la fabricación de un deshidratador con fines de preservación de alimentos, evitando el uso de la refrigeración y para alargar el tiempo de vida. Se hizo un estudio cualitativo, descriptivo y observacional, con un análisis del proceso de aprendizaje y de los secadores obtenidos. Se encontraron diferencias en la elección de la fuente de energía, el producto a secar, y los materiales utilizados. Los grupos participantes evidenciaron tener empatía, actitudes positivas al trabajo colaborativo y resiliencia, mejoraron sus habilidades de comunicación oral y escrita. Hubo diferencias sobre las concepciones hacia las energías renovables. Los estudiantes refirieron haber cambiado su creencia hacia la complejidad de la fabricación de prototipos y su relación con los modelos matemáticos. Este trabajo puede ser una guía para que profesores menos experimentados puedan desarrollar un proyecto STEM.

PALABRAS CLAVE: STEM; energías renovables; deshidratadora; proyectos STEM; enseñanza.

ABSTRACT

Learning under STEM teaching and project work has spread widely, but questions remain about its reproducibility and effectiveness in different Latin American academic contexts. The objective of this work is to describe the performance of engineering students from a rural and urban area of San Luis Potosí, Mexico, in the manufacture of a dehydrator for food preservation purposes, avoiding the use of refrigeration and to lengthen the life span. A qualitative, descriptive, and observational study was carried out, analyzing the learning process and the results obtained. Differences were found in the choice of energy source, the product to be dried, and the materials used. The groups that participated showed empathy, positive attitudes to collaborative work, and resilience and improved their oral and written communication skills. There were differences in the concepts towards renewable energies. The students reported having changed their beliefs towards the complexity of prototyping and its relationship with mathematical models. This work can guide less experienced teachers to develop a STEM project.

KEYWORDS: renewable energy; dehydrator; STEM projects; science teaching.

Correspondencia:

DESTINATARIO: Carmen del Pilar Suárez Rodríguez.
INSTITUCIÓN: Universidad Autónoma de San Luis Potosí.
DIRECCIÓN: Km 5, Carretera Tamazunchale San Martín,
Tamazunchale, San Luis Potosí, México, C. P. 79960.
CORREO ELECTRÓNICO: pilar.suarez@uaslp.mx

Fecha de recepción: 20 de noviembre de 2023. **Fecha de aceptación:** 12 de diciembre de 2023. **Fecha de publicación:** 28 de diciembre de 2023.



I. INTRODUCCIÓN

El cambio climático es evidente y una de las causas es el incremento de los gases de efecto invernadero producto de la quema de combustibles fósiles, que se detonó desde la primera revolución industrial. En la agenda 2030 de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) se han identificado 17 Objetivos para el Desarrollo Sustentable (ODS) ^[1], los cuales están interconectados, es decir, si se fomenta el crecimiento económico bajo un enfoque sostenible habrá una disminución de la pobreza y una protección del medio ambiente, lo cual ocurre más fácilmente con una población educada científicamente y con una visión de paz y justicia.

Para atender las necesidades de un mundo en constante cambio ^{[2], [3]}, la enseñanza de las ciencias se ha transformado sustancialmente en los últimos años, especialmente en el área de la física para la ingeniería.

Las metodologías de enseñanza centradas en el estudiante a través del aprendizaje activo han ido ganando terreno ^[4]. Las investigaciones educativas también han girado en torno a aspectos como la transformación conceptual ^[5]; efectividad de recursos para el aprendizaje ^{[6], [7]}; la enseñanza virtual e híbrida ^[8]; las percepciones acerca de la naturaleza de la ciencia ^[9] y el desarrollo de habilidades cognitivas y socioemocionales ^{[10], [11]}. También ha habido un crecimiento en instrumentaciones didácticas e implementación de proyectos educativos basados en la educación STEM (por la siglas en inglés de Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas) para estudiantes de todos los niveles educativos ^[12], ya que ofrece una oportunidad para formar científicos y tecnólogos, pero también para las ciudadanías ^[13].

Si durante la instrucción no se promueve la movilización de saberes, al egresar a los estudiantes se les complica la inserción al mundo laboral, especialmente porque no han profundizado en algún área de especialización y de investigación ^{[14], [15]}.

Cuando se integra el diseño, la selección de materiales y la construcción de objetivos en las tareas realizadas por los ingenieros en formación, se van adentrando en los aspectos teóricos de funcionamiento de prototipos, del cómo funcionan y qué problemáticas pueden tener para los usuarios, así como la instalación y mantenimiento de estos. También, crean oportunidades de em-

prendimiento para su venta y comercialización ^[16]. En este sentido, las actividades de enseñanza-aprendizaje trascienden al aula y se convierten en una oportunidad para la creación de soluciones a los problemas del contexto cercano del estudiante, especialmente importante en comunidades rurales donde existen grandes brechas de desigualdad e inequidad ^{[17], [18]}.

En este trabajo se describe una experiencia de implementación de un proyecto basado en educación STEM, cuyo producto es la fabricación de un secador de hortalizas y de pan. El proyecto se llevó a cabo con estudiantes de segundo semestre de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP) de Ingeniería en Nanotecnología y Energías Renovables, ubicada en una zona urbana de San Luis Potosí y de Ingeniería Mecánica Eléctrica, ubicada en una zona rural de Tamazunchale, México.

A. SELECCIÓN DE LA PROBLEMÁTICA STEM

Desde el ámbito escolar, es común que los problemas que se resuelven en la clase están relacionados más con el contenido disciplinar que se atiende en ese momento que con la identificación de problemas de otra área del conocimiento y menos aún con el entorno ^[19].

Cuando se trabaja en STEM se observa un problema de una manera integral, considerando diferentes aspectos de una situación e identificando los distintos abordajes y disciplinas ^[19]. La observación del entorno y una discusión basada en una lluvia de ideas con los estudiantes es un buen punto de partida. Es importante que las propuestas realizadas por los estudiantes sean consideradas dentro del planteamiento del problema ya que así están cercanos a sus intereses, lo cual se ve reflejado en su motivación y seguridad para llevar a buen término el trabajo. También es importante plantear en colaboración las reglas del trabajo.

Como parte del rol docente, una vez establecida una situación es recomendable hacer una planeación didáctica donde el profesor identifique los contenidos de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas que se relacionan con el problema y su solución. También, que identifique las habilidades a desarrollar: procedurales, cognitivas, del pensamiento, de comunicación, etc. Es importante considerar lo siguiente:

- Los recursos que estarán a disponibilidad de los estudiantes.

- Las herramientas y técnicas.
- Si es necesario integrar un conocimiento nuevo.
- Si se propone un mecanismo para la adquisición de este conocimiento.
- Las rúbricas de evaluación.
- Las fechas de entrega.

La gestión del tiempo es importante para determinar el nivel de profundidad con el que se trabajará, la metodología de enseñanza (aprendizaje basado en proyectos, casos, problemas, indagación, etc.) y, sobre todo, el producto que construirán los estudiantes.

Una parte esencial del proceso instruccional es identificar las preguntas clave que orientarán a los estudiantes a lo largo del desarrollo del producto y que les guiará a hacer sus propios planteamientos y buscar sus respuestas no solo en la búsqueda bibliográfica, sino también dentro el mismo proceso de experimentación.

En este trabajo se aplicó la ingeniería a la solución de los problemas del campo debido a que San Luis Potosí es un estado rico en biodiversidad, especialmente en la zona huasteca donde se cultivan cereales, frutas y hortalizas, pero que no siempre son aprovechados [20], [21], donde en ocasiones se siembra, pero el bajo costo de venta desmotiva a los productores a su corte y se pierde la cosecha [22], coincidente con un problema de otras regiones [23]. También, los productos se descomponen al no venderse rápidamente. Además de las pérdidas económicas se produce contaminación en el ambiente y exceso de fauna nociva, teniendo un desperdicio de millones de toneladas [24], [25].

Lo anterior ha generado con el tiempo el abandono a esta labor productiva y migración de los campesinos a grandes ciudades nacionales o extranjeras buscando un empleo digno y mejor remunerado, poniendo en riesgo la seguridad alimentaria y la calidad de vida de estas personas [26], [27]. De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), entre 2015 y 2020 salieron de San Luis Potosí 70 551 personas para radicar en otra entidad y solamente en 2020 emigraron 25 569 personas para vivir en otro país (92 de cada 100 se fueron a Estados Unidos de América) [28].

Se asume que procesar los productos del campo hace que se incremente su valor comercial y se alargue la vida de anaquel. Para aumentar el tiempo de vida de los

alimentos se utilizan varios métodos: salado, cristalización, escaldado, congelamiento y secado, entre otros.

Para esta investigación se seleccionó buscar formas de realizar el secado, preferentemente con un bajo consumo energético. Desde épocas antiguas se han usado hornos o la exposición al sol para el secado y deshidratación de fibras, frutas, hortalizas y carnes [29].

B. EL SECADO DE PRODUCTOS AGRÍCOLAS

El objetivo del secado es reducir la cantidad de agua en el alimento, de tal manera que pueda preservarse por un periodo de 6 meses a un año, sin la necesidad de refrigeración o de agregar conservadores, dándole de esta forma un valor agregado [30].

La *actividad del agua* (*aw*, por sus siglas en inglés) en los alimentos es la cantidad de agua libre en estos, es decir, el agua disponible para el crecimiento de microorganismos y para que se puedan llevar a cabo diferentes reacciones químicas. Tiene un valor entre 1.0 y 0.0. Cuanto menor sea este valor, mejor se conservará el producto.

Para secar alimentos se pueden utilizar varias técnicas, siendo la más común el quemar algún combustible fósil para generar aire caliente, que se hace circular por una cámara de secado donde se encuentra el alimento. El aire caliente extrae la humedad del alimento en forma de vapor, que es expulsado de la cámara de secado.

Los dos grupos de estudiantes que participaron en el proyecto utilizaron técnicas diferentes. El grupo de Ingeniería Mecánica Eléctrica (IME) tuvo la opción de decidir qué técnica y diseño utilizaría. El grupo de Ingeniería en Nanotecnologías y Energías Renovables (INER) usó energías provenientes de los rayos del sol, aplicando el concepto de deshidratadores solares.

Un deshidratador puede construirse con diferentes materiales y en diferentes maneras, entre ellas las siguientes:

- El más simple es el exponer al sol directamente sobre una superficie. Es barato, pero más lento y suele contaminarse por el medio ambiente (polvo) y por animales que pueden caminar sobre el alimento.
- El deshidratador por convección natural toma el agua del alimento y la extrae en forma de vapor, de-

jando que salga normalmente por la diferencia de densidades. Este proceso repetitivo seca el alimento.

- Si se coloca un ventilador se acelera el proceso de expulsión de vapor, lo que se llama convección forzada.
- Si se coloca una fuente de calor externa, el proceso de expulsión de vapor se acelera y se le llama sistema híbrido.

En la [Figura 1](#) se muestra la clasificación de los deshidratadores solares ^[31].

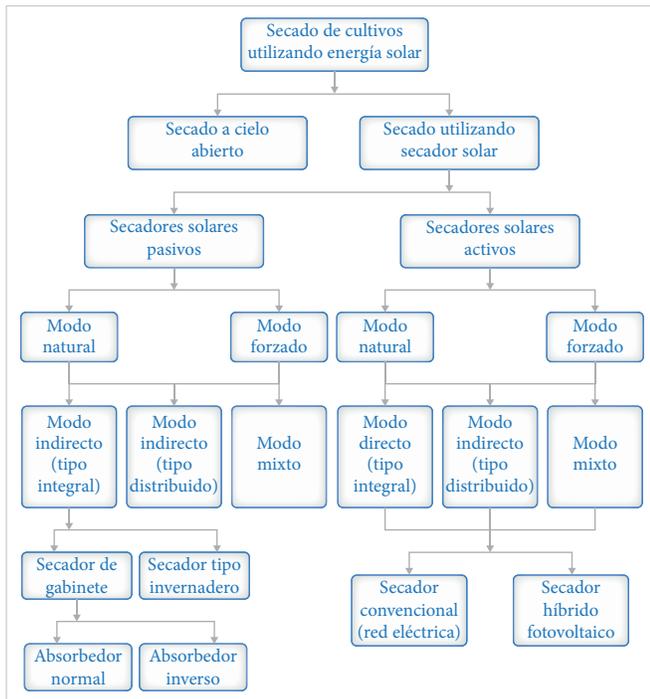


Figura 1. Clasificación de deshidratadores solares, con base en ^[31].

Los conceptos sobre deshidratadores, propiedades térmicas de los materiales, proceso de deshidratación y las propiedades de los materiales a secar fueron explicados a los estudiantes, quienes solamente habían tomado un curso de física general.

Los resultados del deshidratado solar de alimentos están ligados directamente a la radiación solar (en unidades de W/m^2), a la humedad del ambiente y la temperatura. Se revisaron ejemplos reportados en la literatura ^{[31], [32]}, así como la diversidad de sistemas e instalaciones de secado y, especialmente, que usan la energía solar térmica para la conservación de productos agrícolas.

II. METODOLOGÍA

En la zona urbana de San Luis Potosí se solicitó a los estudiantes INER un deshidratador solar, cuyo costo de fabricación no debería de exceder los 2000 pesos mexicanos (aproximadamente 100 dólares al tipo de cambio de 1 dólar por 20 pesos, en ese momento). En cada prueba de deshidratado, los estudiantes pesaron la muestra antes de meterla al deshidratador y registraron las horas que estuvo dentro. Al final, pesaron nuevamente la muestra, para luego calcular la cantidad de agua pérdida de la muestra. Se registró la radiación solar, la temperatura y la humedad relativa de ese día, con base en la capacitación de cómo utilizar los datos de página de la estación de San Luis Potosí del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP).

Para la zona rural de Tamazunchale, al grupo de estudiantes IME se le dio libertad de elegir la fuente de energía para el secado y el diseño. Una vez terminado, los estudiantes midieron la temperatura con respecto del tiempo, tanto en el calentamiento como en el enfriamiento, graficaron los datos y compararon con la solución analítica usando la ley de enfriamiento de Newton. Los estudiantes observaron las características del deshidratado y seleccionaron deshidratar un pan tipo bolillo.

Los conocimientos y habilidades para desarrollar en el estudiante durante el proyecto se muestran en la [Tabla 1](#).

A. CONCEPTOS BÁSICOS

Se solicitó a los estudiantes realizar un diseño que utilizara material fácil y económico, durable y con diseño robusto para soportar las condiciones climatológicas.

La idea final del proyecto fue desarrollar los deshidratadores y mecanismos para transferir la tecnología a comunidades rurales. Por esto, los estudiantes incluyeron dibujos con las dimensiones de los diseños, de preferencia usando el dibujo técnico para estandarizar los diagramas de construcción.

Se propuso a los estudiantes que usaran la metodología Design Thinking y que dieran evidencia de su implementación en cada fase en su reporte escrito. Las fases de esta metodología son empatizar, definir, idear, prototipar y evaluar. Cada fase del desarrollo del proyecto se presenta en la siguiente sección.

TABLA 1
IDENTIFICACIÓN DE LOS APRENDIZAJES ESPERADOS Y ELEMENTOS DE ANÁLISIS PARA EL DESEMPEÑO

STEM	DESCRIPCIÓN DE SABERES
Ciencia	(a) Ciencia de los materiales: propiedades de los materiales; (b) método científico: conocimiento y aplicación; (c) física: mecanismos de transferencia de calor, energía para la evaporación, pérdida de calor y sus efectos, consumo energético, eficiencia energética; (d) economía: revisión del contexto, gestión de los recursos; (e) ecología: conocimiento del medio ambiente.
Tecnología	(a) Dibujo técnico, uso de software de diseño (SolidWorks, AutoCAD o Inventor); (b) búsqueda de bibliografía y manejo de bases de datos.
Ingeniería	(a) Diseño ingenieril; (b) design thinking; (c) procesos de manufactura.
Matemáticas	(a) Relación entre variables; (b) modelación matemática.
Habilidades cognitivas	(a) Pensamiento crítico; (b) razonamiento lógico
Habilidades socioemocionales	(a) Tolerancia a la frustración cuando los diseños no funcionen al primer intento; (b) responsabilidad; (c) autoconfianza y autoestima; (d) trabajo colaborativo; (e) comunicación efectiva; (f) ética; (g) negociación.
Complementarias	(a) Consumo responsable; (b) emprendimiento; (c) metacognición.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Este trabajo se centra más en discutir acerca de la implementación del STEM que en la evaluación de los secadores y su eficiencia. No se evalúan las propiedades de los productos secados, aunque sí se hace una descripción cualitativa superficial para asociarlos al tipo de equipo construido y las habilidades de los estudiantes utilizadas en el proceso.

Se solicitaron avances periódicos por escrito del proyecto para dar retroalimentación a los estudiantes y asesorarlos con respecto al diseño la selección del material y la manufactura del deshidratador.

A. PRIMERA ENTREGA DE AVANCES

Como parte de la primera entrega, se trabajó en la fase *empatizar* del Design Thinking. Para ello, los estudiantes formaron los equipos de trabajo, definieron los roles de cada uno y organizaron el trabajo colegiado, es decir, cómo debían organizar la información y cuáles recursos iban a utilizar. También, revisaron información relacionada a la preservación de los alimentos y sus propiedades, así como los tipos de deshidratadores y sus mecanismos. Durante la fase *definir*, a partir del análisis anterior los estudiantes seleccionaron qué tipo de alimento iban a secar y qué tipo de horno deseaban construir, así como el tipo de energía a utilizar.

Para la fase *idear*, los estudiantes incluyeron en el reporte tres propuestas diferentes.

El *prototipado* debía considerar lo siguiente:

- Cuáles fueron las razones para la elección de una propuesta final y en qué basaron la decisión final para descartar dos de ellas.
- La descripción de las propiedades que debería tener un material. Por ejemplo, en qué partes se necesitaría aislamiento térmico o buena conductividad térmica y qué materiales tienen esas características.
- La evaluación de las propiedades del alimento a secar.
- El diseño elaborado a lápiz o con un software de diseño como SolidWorks, para hacer el proyecto más profesional.

Los estudiantes de INER no habían cursado en ese momento una materia de diseño ni dibujo técnico, por lo que debieron de aprender de manera independiente. Debían incluir dimensiones e isométrico de cómo sería la construcción final de su deshidratador. Los programas como SolidWorks e Inventor permiten mostrar la pieza dibujada en tres dimensiones, por lo que los estudiantes no solo se imaginaron cómo es su diseño, sino que además cuantificaron la cantidad de material a utilizar. En cambio, los estudiantes de IME no tuvieron el problema de la falta del curso previo, ya que habían cursado la materia de geometría diferencial y dibujo técnico. Lo anterior hace evidente la importancia de tener un currículo adecuado a las nuevas condiciones del contexto, como es el diseño asistido por computadora para la ejecución de los proyectos, especialmente en el área STEM.

En la [Figura 2](#) se muestra un ejemplo de la primera entrega del diseño de uno de los deshidratadores solares con las herramientas que tenían a la mano.

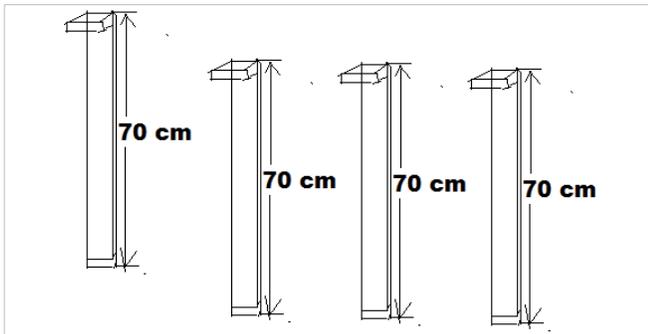


Figura 2. Patas de un deshidratador.

B. SEGUNDA ENTREGA DE AVANCES

Para la fase *prototipado* y con un diseño preliminar, los estudiantes construyeron el prototipo, para lo cual hicieron la lista de los materiales a utilizar y argumentaron, con base en las propiedades de estos, las razones por las que los seleccionaron.

Se les solicitó buscar los materiales en el mercado y contactar proveedores para cotizar y aprender cómo negociar en las compras, para luego comprar el material para su diseño, cuidando que no excediera el costo máximo. Se espera que una vez mejorados, los diseños puedan ser fabricados para su uso en comunidades rurales.

En la [Figura 3](#) se muestra un ejemplo de cómo los estudiantes representaron las dimensiones de las patas que tendría su deshidratador. En esta etapa aún no llegan a un diseño fino del deshidratador, pero se avanzó con respecto a su primera propuesta.



Figura 3. Diseño inicial de un prototipo deshidratador base metálica con medidas elaborado por un equipo.

Esta fase fue particularmente más difícil para los alumnos de Tamazunchale, ya que no se tenía un proveedor que vendiera un material reflejante adecuado y no podían pagar más de 300 pesos por prototipo, por lo que decidieron no hacer un deshidratador solar, sino otro usando otros medios de secado.

En esta fase, los estudiantes pudieron hacer modificaciones al diseño y a la selección de los materiales del deshidratador antes de la segunda entrega, lo cual ocurrió en todos los casos, es decir, al menos cambiaron un elemento del diseño, tanto en la selección de los materiales como en las dimensiones del prototipo. También, al tener mayor conocimiento de las propiedades de los alimentos, cambiaron el secado de semillas por el de hortalizas para el caso de los estudiantes de INER y por pan, en el caso de los estudiantes de IME.

Las propuestas de cada equipo fueron presentadas ante grupo y se hicieron recomendaciones entre sí. Esto les permitió afinar su propuesta al tener una idea más clara de cómo debían realizar las acotaciones y las dimensiones de sus deshidratadores solares.

Los grupos realizaron pruebas por las tardes, al salir de clases, en los deshidratadores del hábitat (para el caso de la INER) y en el laboratorio STEM (para el caso de la IME).

En la [Figura 4](#) se muestran imágenes del avance en los diseños del deshidratador, incluyendo la manufactura de uno de los equipos de IME.

Los resultados de una tarea realizada durante la fase *empatizar* se muestra en la [Figura 4a](#). La primera selección a partir de la revisión bibliográfica funcionaba con el calentamiento de una resistencia eléctrica.

En la fase *idear*, al enfrentarse al problema de la construcción eléctrica del dispositivo, los estudiantes decidieron cambiar de tipo de horno de secado, eligiendo otros materiales, y pensaron hacerlo con carbón, el diseño con el software se muestra en la [Figura 4b](#).

Las [Figuras 4c](#) y [4d](#) se refieren a la fase de *prototipado*. Este equipo aprendió a soldar para armar la estructura y se enfrentaron a problemas de ahumado en el interior al no considerar los efectos de la quema de carbón, por lo que posteriormente abrieron unas ranuras.

En la Figura 4e se muestra el deshidratador finalizado en operación para la fase final de *evaluar*.

La Figura 4f muestra las mediciones de las temperaturas a diferentes tiempos. Los estudiantes identificaron las condiciones iniciales y resolvieron la ecuación diferencial propuesta, compararon los datos analíticos con los experimentales y dieron explicaciones a las diferencias.

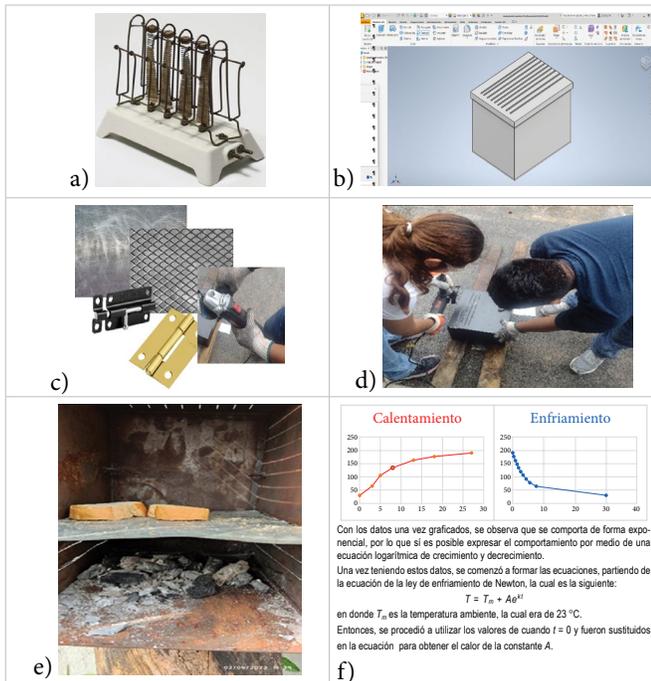


Figura 4. Diferentes fases del Design Thinking de un equipo de Tamazunchale.

Se expusieron en plenaria los avances de cada proyecto, compartiendo las dificultades y experiencias durante el diseño y si las decisiones que habían tomado habían tenido algunas consecuencias. Los prototipos mejoraron, pero aún presentaban dificultades en su operación.

Para el caso de la INER, se les recordó que la prueba final de todos los deshidratadores se realizaría en el techo del Instituto de Física de la UASLP, es decir, se colocarían todos juntos para asegurar que estuvieran expuestos los prototipos a las mismas condiciones meteorológicas, como temperatura, sol, sombra, radiación UV, humedad, precipitación, y poder comparar los resultados.

LA PRUEBA FINAL

Para la INER, la última prueba que se realizó a los deshidratadores fue la de intemperie. Se dejaron los deshidratadores en el techo del Instituto del Física durante

todo el mes de diciembre de 2022 y se registraron los estragos de los deshidratadores ocasionados por el sol, la lluvia y el viento. Algunos de los equipos no resistieron la prueba. A continuación se describen los problemas encontradas en estas pruebas.

Con respecto a las pruebas de deshidratación, los estudiantes se encontraron con el problema de que en días nublados los alimentos no se deshidrataban y se generaba moho, llegaron a sus propias conclusiones y determinaron que la cantidad de humedad en el ambiente era alta, por lo cual no podía deshidratarse el alimento, y que la temperatura máxima de trabajo de esos deshidratadores era de 45 °C, por debajo de lo que menciona la bibliografía. Los resultados de los secadores solares se muestran en la [Tabla 2](#).

TABLA 2
DESHIDRATORAS SOLARES DE HORTALIZAS DE LA ZONA URBANA DE SAN LUIS POTOSÍ

MATERIAL DE LA ESTRUCTURA	RESULTADOS DE LA PRUEBA DE INTEMPERIE	PROTOTIPO
Unicel	Se desarmó a la primera ráfaga de viento y por la lluvia.	
Plástico parecido al policarbonato	Se cayó por ser ligero. El alimento no se deshidrató correctamente porque no llegó a la temperatura adecuada.	
Madera cubierta de vidrio	No tuvo equilibrio, se cayó y se rompió el vidrio del deshidratador.	
Cubo de metal con tapa movible de madera	El viento tiró la tapa y se rompió el vidrio del deshidratador.	
Aluminio cubierto con doble vidrio	Sobrevivió la prueba.	
Refrigerador reusado, acondicionado con vidrio	Sobrevivió la prueba.	

Los reportes entregados por los estudiantes incluyeron lo siguiente:

- Índice.

- Antecedentes del problema y descripción histórica de los secadores.
- Introducción, donde se solicitó integrar una revisión de los productos de la región y cómo se podrían aprovechar, así como los fundamentos del secado y la físico-química del proceso.
- Descripción y análisis de los materiales y sus propiedades.
- Costo y cotizaciones.
- Método de fabricación, materiales y técnicas.
- Evidencia gráfica.
- Bibliografía.
- Anexos.

Los trabajos se revisaron con una rúbrica y, en general, cumplieron con al menos el 80 % de los puntos anteriores y además tuvieron problemas con la redacción y construcción de las ideas y errores de ortografía, pero mejoraron con respecto a la primera entrega, donde la parte de la evolución histórica la habían copiado de algunas fuentes. En este aspecto, en el reporte final hicieron líneas del tiempo, tablas o algún otro organizador gráfico, evidenciando un procesamiento de la información. También reflexionaron acerca del plagio y la importancia de hacer las referencias de manera correcta.

En cuanto a la evaluación de los productos en el caso de INER, se solicitó a los estudiantes dar evidencia específica sobre las propiedades del secado del material y del monitoreo de la temperatura para evaluar la eficiencia del horno, información que representaron en tablas. Los estudiantes hicieron explicaciones acerca de por qué tenía el producto cierta consistencia basada en los resultados del porcentaje de humedad del alimento y lo relacionaron con las características meteorológicas y con la funcionalidad del secador. En general, las explicaciones estuvieron fundamentadas e hicieron asociaciones correctas.

Para el caso de IME, se hizo una presentación mostrando el comportamiento del horno y explicando lo expuesto en el reporte por escrito. Los estudiantes se centraron en la explicación del enfriamiento y calentamiento, comparando el comportamiento teórico con el experimental a partir de la ecuación diferencial del prototipo. También, discutieron las diferencias de operación entre los prototipos y explicaron en términos de los materiales y la fuente de energía. En la [Tabla 3](#) se describen algunos de los deshidratadores de pan.

TABLA 3
DESHIDRATADORES DE PAN DE LA ZONA RURAL DE TAMAZUNCHALE

TIPO DE HORNO	DESCRIPCIÓN	IMAGEN
Convección, con alcohol sólido	Tuvo problemas en la fabricación, alcanzó una temperatura máxima de 191 °C y produjo un buen producto.	
Convección, con carbón o leña	Al inicio, el horno fue completamente cerrado y el pan se ahumó. Al final mejoró mucho la consistencia del tostado del pan.	
Conducción, resistencia eléctrica	La funcionalidad fue buena y pudo cumplirse el objetivo.	
Conducción, resistencia eléctrica	El diseño consideró una parte reflejante para el tostado superior del pan, aunque tuvo poca estabilidad.	

En este proyecto se puso de manifiesto el manejo de contenidos programáticos, el análisis crítico, la búsqueda y selección de la información, además de que se desarrolló en un ambiente de respeto, responsabilidad y colaboración.

En las conclusiones del informe final, los estudiantes expresaron cómo este proyecto había cambiado su visión acerca de la construcción de su propio conocimiento, ya que generalmente resuelven ejercicios haciendo cálculos muy específicos sin que necesariamente tengan una forma de comprobar los resultados.

Los estudiantes afirmaron tener una mayor comprensión de la modelación matemática y su relación con la ingeniería, especialmente con el diseño de maquinaria y otros equipos. También expresaron que había cambiado la creencia de que hacer estos proyectos no requería de “mucho conocimiento teórico” y que lo veían más como una actividad práctica y de manipulación de material “tipo artesanía” que como un desarrollo ingenieril. Explicaron que para construir un prototipo eficiente y duradero necesitaban de más tiempo y otras pruebas y habilidades que no tenían. Estas reflexiones de los

alumnos dan evidencia de que encuentran el sentido entre lo práctico y lo teórico.

Los contextos de estos dos grupos son diferentes debido a su ubicación geográfica y nivel de conocimientos: los puntajes del examen de ingreso a la universidad de estos estudiantes son muy diferentes y los laboratorios en la zona rural son más limitados. A pesar de esto, los productos presentados por los estudiantes cumplieron las características requeridas por las profesoras y pudo evidenciarse que, en coincidencia con las investigaciones reportadas en otros contextos, una actividad de aprendizaje en STEM puede movilizar saberes siempre y cuando exista un acompañamiento docente adecuado y con una planeación bien ejecutada ^[33].

Desde una educación STEM pueden construirse experiencias que abonen al patrimonio cultural y natural, que son claves para el beneficio social y el desarrollo ^[34].

Los resultados y discusiones de este apartado se basaron en las categorías de análisis para el desempeño enlistadas a continuación:

- Conocimientos disciplinares aplicados.
- Habilidades socioemocionales.
- Funcionalidad del prototipo.
- Reporte final.
- Presentación final.
- Creencias hacia la importancia del desarrollo del proyecto.

Una diferencia significativa entre los grupos fue la preocupación por las energías renovables, ya que los estudiantes de INER tienen presente este tema, no así los de IME de la comunidad rural, por lo que resalta la necesidad de reflexionar más ante esta situación. Se propone preparar una serie de talleres cortos sobre este tema y sobre redacción de textos y comunicación oral, así como un curso de soldadura y manejo de herramientas.

IV. CONCLUSIONES

La idea central del proyecto es que los estudiantes desarrollen sus actividades de diseño e investigación y puedan tomar las decisiones para la selección de los materiales de cualquier proyecto en el que se involucren en el futuro, especialmente ir despertando en ellos el interés por la solución a los problemas de su contexto

y la generación de propuestas que podrían convertirse en un emprendimiento, no solo para beneficio personal sino colectivo.

La demanda energética va en incremento y debido al cambio climático urgen propuestas para satisfacer estas necesidades, cuidando el medio ambiente, ya que es un tema de justicia social. La formación de ingenieros con una perspectiva de desarrollo sustentable ayuda a alcanzar estos objetivos y promover una visión desde la ciudadanía para hacer cambios políticos, socioeconómicos, educativos y ambientales que mejoren la calidad de vida.

En este trabajo se ha abordado como problemática la fabricación de prototipos para el secado de hortalizas y otros alimentos. Se ha visto que los estudiantes del primer año aún mantienen una visión de uso de combustibles fósiles, a diferencia de los estudiantes de INER.

Colaborar con equipos de otras escuelas ayuda a completar una visión holística de la práctica de la ingeniería, la aplicación de los conocimientos y de responsabilidad social. Para continuar con este trabajo, como tarea a futuro se buscará la implementación del proyecto y se harán análisis más profundos sobre el funcionamiento de los hornos y se formarán grupos multidisciplinarios con estudiantes de Ingeniería Agroindustrial y de Ingeniería Química de la UASLP.

Una parte importante de los resultados obtenidos es que los estudiantes comprendieron la dificultad del diseño y construcción de cualquier tipo de proyecto y aprendieron a trabajar en equipo, a negociar las ideas de sus propuestas y que pueden ser capaces de realizar la toma de decisiones, lo cual resulta fundamental para el ejercicio de la ingeniería y para la vida.

En las últimas décadas se han buscado alternativas para diseñar procesos y equipos que realicen de manera eficiente las tareas, utilizando energías renovables, pero no todas las personas tienen clara su importancia. Esto es evidente en los estudiantes de un entorno rural, donde las personas suelen cocinar con leña, lo cual es parte de su cultura.

REFERENCIAS

- [1] UNESCO. “UNESCO y los Objetivos de Desarrollo sostenible”. UNESCO.org. <https://es.unesco.org/sdgs> (accedido: ag. 3, 2023).

- [2] NGSS Lead States. “Next generation science standards: For States, by States”. [nationalacademies.org. https://nap.nationalacademies.org/catalog/18290/next-generation-science-standards-for-states-by-states](https://nap.nationalacademies.org/catalog/18290/next-generation-science-standards-for-states-by-states) (accedido: ag. 21, 2023).
- [3] OECD. “PISA 2024 strategic vision and direction for science”. OECD.org. <https://www.oecd.org/pisa/publications/PISA-2024-Science-Strategic-Vision-Proposal.pdf> (accedido: ag. 21, 2023).
- [4] R. Cassidy y A. Ahmad. “Evidence for conceptual change in approaches to teaching”, *Teach. High. Educ.*, vol. 26, n.º 5, pp. 742-758, 2021, doi: [10.1080/13562517.2019.1680537](https://doi.org/10.1080/13562517.2019.1680537).
- [5] A. Hafizhah Putri, A. Samsudin y A. Suhandi, “Exhaustive studies before covid-19 pandemic attack of students’ conceptual change in science education: a literature review”, *J. Turk. Sci. Educ.*, vol. 19, n.º 3, pp. 808-829, 2022, doi: [10.36681/tused.2022.151](https://doi.org/10.36681/tused.2022.151).
- [6] P. J. Grimaldi, D. Basu Mallick, A. E. Waters y R. G. Baraniuk, “Do open educational resources improve student learning? Implications of the access hypothesis”, *PloS one*, vol. 14, n.º 3, 2019, doi: [10.1371/journal.pone.0212508](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0212508).
- [7] J. Zeng, S. Parks y J. Shang, “To learn scientifically, effectively, and enjoyably: A review of educational games”, *Hum Behav & Emerg Tech*, vol. 2, n.º 2, pp. 186-195, 2020, doi: [10.1002/hbe2.188](https://doi.org/10.1002/hbe2.188).
- [8] E. Hehir, M. Zeller, J. Luckhurst y T. Chandler, “Developing student connectedness under remote learning using digital resources: A systematic review”, *Educ Inf Technol*, vol. 26, n.º 5, pp. 6531-6548, 2021, doi: [10.1007/s10639-021-10577-1](https://doi.org/10.1007/s10639-021-10577-1).
- [9] J. Håkansson y M. Summer, “Toward a consensus on the nature of empathy: A review of reviews”, *Patient Educ. Couns.*, vol. 104, n.º 2, pp. 300-307, 2021, doi: [10.1016/j.pec.2020.08.022](https://doi.org/10.1016/j.pec.2020.08.022).
- [10] N. Molina-Ruiz, P. González-García, “Ciencias naturales y aprendizaje socioemocional: una experiencia desde la enseñanza de las ciencias basada en la indagación”, *Saberes Educativos*, n.º 6, 2021, pp. 25-58, doi: [10.5354/2452-5014.2021.60683](https://doi.org/10.5354/2452-5014.2021.60683).
- [11] K. Aragundi y C. Game-Varas, “Enseñanza creativa en entornos virtuales para el desarrollo de competencias emocionales”, *Revista Innova Educación*, vol. 3, n.º 4, pp. 71-82, 2021, doi: [10.35622/j.rie.2021.04.005](https://doi.org/10.35622/j.rie.2021.04.005).
- [12] W. Park y H. Cho, “The interaction of history and STEM learning goals in teacher-developed curriculum materials: opportunities and challenges for STEAM education”, *Asia Pacific Educ. Rev.*, vol. 23, pp. 457-474, 2022, doi: [10.1007/s12564-022-09741-0](https://doi.org/10.1007/s12564-022-09741-0).
- [13] M. C. Ramos, B. Castillo y C. M. Godoy, “Ciencias para la ciudadanía: avances para enfrentar los desafíos de formar ciudadanos alfabetizados científicamente en Chile”, *Educación*, vol. 32, n.º 63, pp. 5-20, 2023, doi: [10.18800/educacion.202302.A001](https://doi.org/10.18800/educacion.202302.A001).
- [14] D. R. T. Huamán, “Desarrollo de habilidades investigativas desde la experiencia de los estudiantes de ingeniería”, *Revista de la Universidad del Zulia*, vol. 12, n.º 32, pp. 400-413, 2021, doi: [10.46925//rdluz.32.24](https://doi.org/10.46925//rdluz.32.24).
- [15] R. I. Laguado, P. Ramírez y F. Y. Hernandez, “El aprendizaje basado en proyectos, una experiencia en las prácticas industriales del Programa de Ingeniería Industrial de la UFPS”, *BISTUA*, vol. 17, n.º 3, pp. 80-89, 2019, doi: [10.24054/01204211.v3.n3.2019.3568](https://doi.org/10.24054/01204211.v3.n3.2019.3568).
- [16] Y. Snihur, W. Lamine y M. Wright, “Educating engineers to develop new business models: Exploiting entrepreneurial opportunities in technology-based firms”, *Technol Forecast Soc Change*, vol. 164, p. 119518, 2021, doi: [10.1016/j.techfore.2018.11.011](https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.11.011).
- [17] E. Gavari-Starkie, P. T. Espinosa-Gutiérrez y C. Lucini-Baquero, “Sustainability through STEM and STEAM Education Creating Links with the Land for the Improvement of the Rural World”, *Land*, vol. 11, n.º 10, p. 1869, 2022, doi: [10.3390/land11101869](https://doi.org/10.3390/land11101869).
- [18] L. E. Grimes, M. A. Arrastía-Chisholm y B. Bright, “How can they know what they don’t know? The beliefs and experiences of rural school counselors about STEM career advising”, *TPRE*, vol. 9, n.º 1, pp. 74-90, 2019, doi: [10.3776/TPRE.2019.V9N1P74-90](https://doi.org/10.3776/TPRE.2019.V9N1P74-90).
- [19] E. A. Dare, K. Keratithamkul, B.M. Hiwatig y F. Li, “Beyond content: The role of STEM disciplines, real-world problems, 21st century skills, and STEM careers within science teachers’ conceptions of integrated

- STEM education”, *Education Sciences*, vol. 11, n.º 11, p. 737, 2021, doi: [10.3390/educsci11110737](https://doi.org/10.3390/educsci11110737).
- [20] M. Tenorio-Domínguez, “Flavonoides extraídos de la cascara de naranja tangelo (*Citrus reticulata* x *Citrus paradisi*) y su aplicación como antioxidante natural en el aceite vegetal sacha inchi (*Plukenetia volubilis*)”, *Scientia Agropecuaria*, vol. 7, n.º 4, pp. 419-431, 2016, doi: [10.17268/sci.agropecu.2016.04.07](https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2016.04.07).
- [21] J. Gascón, “Comida no comida: Un análisis del desperdicio de alimentos desde la agroecología”, en ODELA, ed. *Polisemias de la alimentación: Salud, desperdicio, hambre y patrimonio*. Universitat de Barcelona, 2019, pp. 33-52.
- [22] C. Gutiérrez, “Análisis de la actividad agrícola y pecuaria de traspatio de la Huasteca Sur en San Luis Potosí, México”, tesis de maestría, Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, Texcoco, México, 2023. [En línea]. Disponible en: <http://193.122.196.39:8080/xmlui/handle/10521/5084>
- [23] C. Priefer, J. Jörissen y K.-R. Bräutigam, “Food waste prevention in Europe – a cause driven approach to identify the most relevant leverage points for action”, *Resour. Conserv. Recycl.*, vol. 109, pp. 155-165, 2016, doi: [10.1016/j.resconrec.2016.03.004](https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2016.03.004).
- [24] D. Hoehn, I. Vázquez-Rowe, R. Kahhat, M. Margallo, L. Laso, A. Fernández-Ríos, I. Ruiz-Salmón y R. Aldaco, “A critical review on food loss and waste quantification approaches: Is there a need to develop alternatives beyond the currently widespread pathways?”, *Resour. Conserv. Recycl.*, vol. 188, p. 106671, 2023, doi: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2022.106671>.
- [25] J. Gascón, C. Solà y C. Larrea-Killinger, “A qualitative approach to food loss. The case of the production of fruit in Lleida (Catalonia, Spain)”, *Agroecol. Sustain. Food Syst.*, vol. 42, n.º 5, 2022, doi: [10.1080/21683565.2022.2061099](https://doi.org/10.1080/21683565.2022.2061099).
- [26] L. Christiaensen, Z. Rutledge y J. E. Taylor, “The Future of Work in Agriculture: Some Reflections”, World Bank, Washington, DC, Policy Research Working Paper 9193, mar. 2020. [En línea]. Disponible en: <https://ssrn.com/abstract=3560626>
- [27] M. Duquesnoy, “La Huasteca hidalguense, migración y retos locales en una región de fuerte concentración indígena”, *Revista Líder*, vol. 16, año 12, pp. 85-103, 2010.
- [28] INEGI, “Movimiento Migratorio”, INEGI.org.mx. https://www.cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/slp/poblacion/m_migratorios.aspx (accedido: ag. 30, 2023).
- [29] P. F. Maupoey, *Introducción al Secado de Alimentos por Aire Caliente*. Universitat Politècnica de València, 2001.
- [30] M. G. Par Gramajo, “Aplicación de los métodos de conservación de alimentos”, *Revista Ingeniería y Ciencia*, vol. 1, n.º 15, 2019.
- [31] V. Belessiotis y E. Delyannis, “Solar drying”, *Solar Energy*, vol. 85, n.º 8, pp. 1665-1691, 2011, doi: [10.1016/j.solener.2009.10.001](https://doi.org/10.1016/j.solener.2009.10.001).
- [32] R. Iglesias, R. A. José Gómez, O. Lastres, P. López, N. Farrera y G. R. Ibáñez, “Diseño, construcción y evaluación de un secador solar para mango Ataulfo”, *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, vol. 8, n.º 8, pp. 1719-1732, 2017, doi: [10.29312/remexca.v8i8.697](https://doi.org/10.29312/remexca.v8i8.697).
- [33] C. Grimalt-Álvaro y D. Couso, “¿Qué sabemos del posicionamiento STEM del alumnado? Una revisión sistemática de la literatura”, *Revista de Investigación Educativa*, vol. 40, n.º 2, pp. 531-547, 2022, [10.6018/rie.467901](https://doi.org/10.6018/rie.467901).
- [34] C. P. Suárez, “STEM y su impacto social”, en *La enseñanza de la física y el modelo STEM*, C. E. Mora, C. P. Suárez y J. Félix, eds. Ciudad de México: Comunicación Científica, 2023, pp. 19-29, doi: [10.52501/cc.037](https://doi.org/10.52501/cc.037).

RECONOCIMIENTOS

A la maestra Olivia Infante, profesora en la Facultad del Hábitat, de la UASLP; a los estudiantes de licenciatura en Ingeniería de Nanotecnología y Energías Renovables de la Facultad de Ciencias, y a los alumnos de Ingeniería Mecánica Eléctrica, de la Coordinación Académica Región Huasteca Sur de la UASLP, quienes con su entusiasta participación hicieron posible este trabajo, así como otorgar la autorización para comunicar sus resultados.