



BIOMASA: RESPALDO DE ENERGÍA TÉRMICA EN SISTEMAS DE SECADO SOLAR

Néstor Manuel Ortiz-Rodríguez ^{1*}, Jesús Águila-León², Efraín Alonso Puerto-Castellanos³, Adrián Ruiz Barrera⁴.

¹ Instituto de Energías Renovables, Universidad Nacional Autónoma de México. Privada Xochicalco s/n, Temixco CP. 62580, Morelos, México.

² Departamento de Estudios del Agua y de la Energía, Centro Universitario de Tonalá Universidad de Guadalajara, México.

³ Dirección Técnica. DIPAC HEAT RECOVERY E.U., Bogotá, Colombia.

⁴ Universidad Politécnica Metropolitana de Hidalgo. Ex Hacienda San Javier, Tolcayuca 1009, 43860 Tolcayuca, Hidalgo.

*Autor de correspondencia: nmorr@ier.unam.mx

Introducción

En un contexto global donde se enfrentan desafíos críticos como el hambre, la necesidad de energía sustentable y el deterioro ambiental, es esencial abordar estos problemas de manera integral para evitar consecuencias irreversibles para nuestra sociedad y el medio ambiente. Una estrategia efectiva para combatir la inseguridad alimentaria global es minimizar la pérdida y el desperdicio de alimentos (PDA), particularmente las pérdidas post-cosecha que son significativas en los países en desarrollo (Udomkun et al., 2020). Antes de la pandemia de COVID-19, aproximadamente el 30% de los alimentos a nivel mundial se perdían o desperdiciaban cada año, un problema que se agravó durante la pandemia (FAO, 2011; FAO y CEPAL, 2020). En México, se estima que anualmente se desperdician unos 20.4 millones de toneladas de alimentos, lo que genera grandes emisiones de gases de efecto invernadero y un uso ineficiente de recursos como el agua (FAO, 2015b; SEMARNAT, 2017).

Para enfrentar estas problemáticas, los métodos de conservación de alimentos, y en particular el secado, juegan un papel crucial debido a sus ventajas técnicas y económicas en comparación con otras técnicas como el enlatado y la congelación (Rahman, 2007). Sin embargo, estos métodos requieren cantidades significativas de energía, resaltando la necesidad de soluciones que sean efectivas y ambientalmente responsables (FAO, 2015a).

Los sistemas térmicos solares para el secado de alimentos han demostrado ser una opción práctica y económica en muchas partes del mundo (Sharma et al., 2009). Aunque la dependencia de la radiación solar, que es intermitente, puede ser un inconveniente, la implementación de secadores solares híbridos, que combinan energía solar con biomasa u otras fuentes de energía, ofrece una solución viable (Pirasteh et al., 2014). La biomasa es especialmente ventajosa en zonas donde es abundante, ya que su uso permite grandes ahorros en emisiones de gases nocivos y aprovecha recursos locales de manera sostenible. Además, los sistemas híbridos de biomasa-solar, al ser gestionables, garantizan un suministro energético constante y controlable, esencial para procesos de secado eficientes (Mohana et al., 2020; Ndukwu et al., 2020).



inifap



SITS



Zacatecas
GOBIERNO DEL ESTADO
2021-2027

En Zacatecas, una región prominente en la producción de chiles secos, es crucial avanzar hacia soluciones energéticas más sostenibles. La planta experimental termosolar que emplea un sistema híbrido solar-gas LP en Zacatecas es un ejemplo destacado de cómo la innovación tecnológica puede facilitar la transición hacia prácticas más sostenibles. No obstante, el verdadero potencial para transformar la industria de la conservación de alimentos reside en la expansión del uso de la biomasa como una fuente de energía limpia y gestionable. La investigación futura debe centrarse en el desarrollo de tecnologías avanzadas que optimicen el uso de la biomasa en los procesos de secado y otros métodos de conservación de alimentos. Esto incluye la mejora de los sistemas de secado solar híbridos para garantizar un suministro de energía constante y eficiente, incluso en condiciones de baja radiación solar. Al fomentar un enfoque integral que combine la innovación tecnológica con un aprovechamiento efectivo de recursos locales, podemos facilitar una transición hacia sistemas de producción alimentaria que no solo sean ambientalmente responsables, sino también económicamente viables y socialmente beneficiosos.

¿Qué es la biomasa y cómo funciona en un sistema de secado solar?

La biomasa es una categoría de combustibles renovables derivados de materia orgánica, tales como madera, residuos agrícolas y pellets de madera o de otros materiales biodegradables. En un sistema de secado solar, la biomasa se utiliza fundamentalmente como una fuente complementaria de energía térmica. Su principal función es proporcionar calor adicional durante períodos en los que la radiación solar no es suficiente para mantener el proceso de secado, como durante la noche o en días nublados. Además, el uso de biomasa como respaldo energético no solo mejora la eficiencia del proceso de secado, sino que también contribuye a una gestión más sostenible de los recursos energéticos al reducir la dependencia de combustibles fósiles y minimizar las emisiones de carbono asociadas.

Beneficios de Integrar Biomasa en Sistemas de Secado Solar

- **Eficiencia Energética.** El uso combinado de energía solar y biomasa maximiza la eficiencia del proceso de secado. Durante las horas de plena luz solar, el sistema utiliza energía solar, que es limpia y gratuita. Cuando la radiación solar no es suficiente, la biomasa proporciona la energía térmica necesaria para mantener un flujo constante y estable de aire caliente. Esto garantiza que el proceso de secado no se interrumpa, lo que resulta en una mayor eficiencia general del sistema.
- **Reducción de Costos Operativos.** Al emplear biomasa, un recurso local y frecuentemente de bajo costo, los sistemas de secado pueden reducir significativamente su dependencia de combustibles fósiles, que son más caros y sujetos a fluctuaciones de precios en el mercado global. Esto no solo baja los costos directos de operación, sino que también protege a los operadores de las volatilidades del mercado energético.
- **Sostenibilidad.** La biomasa, al ser una fuente de energía renovable, contribuye significativamente a la reducción de la huella de carbono de los procesos industriales. Al reemplazar combustibles fósiles con biomasa para la generación de energía térmica, los sistemas de secado disminuyen sus emisiones de gases de efecto invernadero. Además, el uso de biomasa ayuda a gestionar los residuos agrícolas y forestales, convirtiéndolos en recursos útiles en lugar de dejar que se descompongan y liberen metano, un gas de efecto invernadero potente.
- **Mejora en la Gestión de Residuos.** La biomasa utilizada en estos sistemas a menudo proviene de residuos agrícolas y forestales, lo que contribuye a una mejor gestión de los residuos. Transformar estos residuos en una fuente de energía contribuye a la economía circular, reduciendo la cantidad de desechos y mejorando la sostenibilidad de las prácticas agrícolas y forestales.



inifap



SITS



Zacatecas
GOBIERNO DEL ESTADO
2021-2027

- **Adaptabilidad a Diversas Condiciones Climáticas.** El uso de biomasa como respaldo energético permite que los sistemas de secado sean operativos en una variedad más amplia de condiciones climáticas y durante más horas al día. Esto es especialmente importante en regiones donde la luz solar puede ser insuficiente durante ciertas temporadas o en días nublados.

¿Qué son los pellets de biomasa?

Los pellets de residuos forestales son un tipo de biocombustible sólido que se fabrica a partir de subproductos y desechos de la industria forestal, como serrín, virutas de madera, ramas, y otros materiales lignocelulósicos que provienen de la poda o la limpieza de bosques. Este material se compacta en pequeños cilindros o "pellets" que son uniformes en tamaño, densidad y humedad, facilitando su manejo, transporte y almacenamiento.

Integración de pellets como fuente de energía en sistemas de secado

Mecanismo de Operación

- **Generación de Calor:** Los pellets se queman en una caldera o quemador diseñado para convertir su contenido energético en calor. Este calor se transfiere al aire o a un medio de transferencia térmica, como agua o aceite, que luego se dirige hacia la cámara de secado.
- **Control de Temperatura:** Los modernos sistemas de combustión de pellets permiten un ajuste preciso de la temperatura, lo cual es crucial para el secado eficiente de diferentes tipos de productos agrícolas y alimenticios sin degradar su calidad.

Implementación en Sistemas de Secado

- **Secado Directo:** El aire calentado por la combustión de pellets se introduce directamente en la cámara de secado. Este método es efectivo para productos que no son sensibles a los compuestos del humo de la combustión.
- **Secado Indirecto:** En productos sensibles a la contaminación o donde se requiere un control más estricto de la calidad del aire, el aire calentado por los pellets puede pasar a través de un intercambiador de calor, asegurando que solo aire limpio y caliente entre en contacto con el producto.

Desafíos y Consideraciones

- **Inversión en Infraestructura:** La adaptación o instalación de sistemas de secado que utilicen pellets como fuente de energía puede requerir inversiones significativas en equipos especializados como calderas de biomasa, sistemas de alimentación automática de pellets y sistemas de control de emisiones.
- **Regulaciones y Normativas:** Es esencial cumplir con las regulaciones locales e internacionales relacionadas con las emisiones y el uso de biocombustibles, lo cual puede variar significativamente entre diferentes regiones.
- **Manejo y Almacenamiento de Pellets:** Es crucial implementar prácticas adecuadas para el manejo y almacenamiento de pellets para preservar su calidad y asegurar la seguridad operacional.

Implementación de un quemador de pellet en la planta Termosolar



inifap



SITS



Zacatecas
GOBIERNO DEL ESTADO
2021-2027

La planta termosolar de Zacatecas, conocida por su innovador enfoque en la utilización de energías renovables para procesos industriales, ha dado un paso significativo hacia mejora de sus operaciones con la integración de un quemador de pellets. Este dispositivo está diseñado para complementar el sistema de energía solar existente, proporcionando una fuente de calor constante y fiable, indispensable para los procesos de secado durante periodos de baja radiación solar o durante la noche. Esto no solo mejora la productividad de la planta, sino que también contribuye a la sostenibilidad del proceso, al utilizar una fuente de energía renovable y regionalmente disponible.

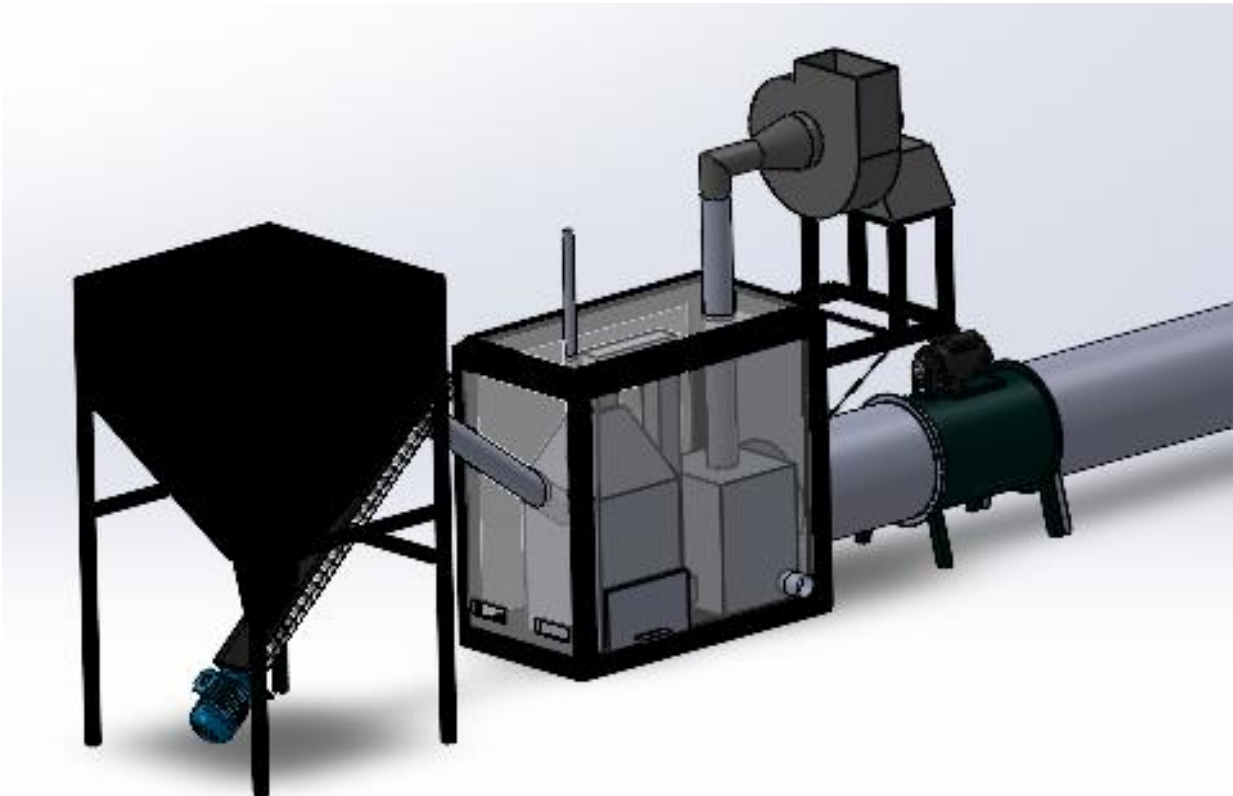


Figura 1 Vista isométrica del sistema de generación de aire caliente con biomasa

La instalación del quemador de pellets se llevó a cabo en paralelo con el sistema solar, asegurando que ambos sistemas pudieran operar de manera eficiente tanto de manera independiente como en conjunto. Se implementaron sistemas de control automático para optimizar el uso de la energía solar y de pellets según las condiciones climáticas y las demandas del proceso de secado.



inifap



SITS



Zacatecas
GOBIERNO DEL ESTADO
2021-2027

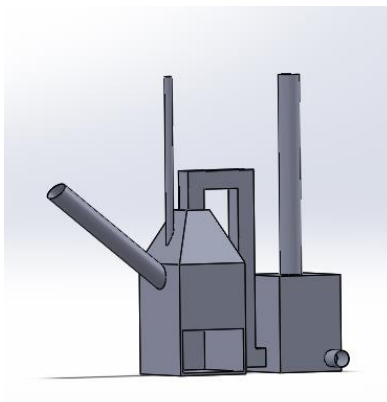


Figura 2 Vista del quemador de biomasa acoplado al tubo dosificador de pellet y a la segunda cámara de transferencia de calor.

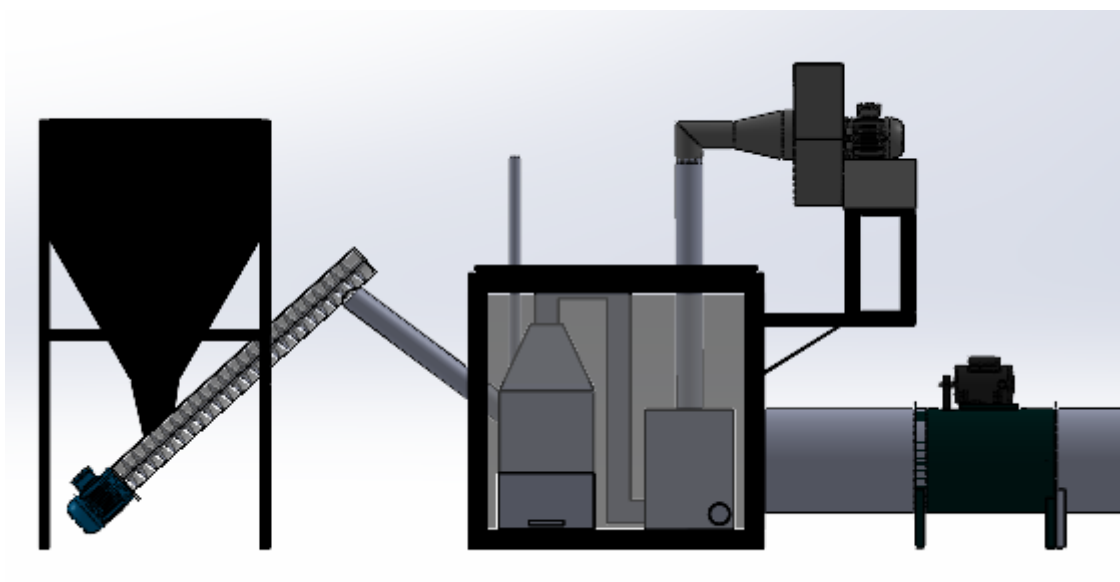


Figura 3 Vista frontal del sistema de la generación de aire caliente con biomasa

Futuro del Secado con Biomasa

1. Investigación y Desarrollo:

- **Optimización de Tecnologías:** Es crucial continuar el desarrollo de tecnologías que mejoren la eficiencia y la fiabilidad de los sistemas de secado híbridos. Esto incluye la mejora de los diseños de los quemadores de biomasa, sistemas de control más sofisticados para la gestión de la energía y técnicas avanzadas para el monitoreo del proceso de secado.
- **Materiales y Combustibles Alternativos:** Explorar el uso de diferentes tipos de biomasa, incluidos los residuos agrícolas y forestales locales, para evaluar su viabilidad y eficacia como combustibles en diversos contextos geográficos y sectoriales.

2. Escalabilidad y Aplicación Práctica:

- **Pilotos y Proyectos Demostrativos:** Implementar proyectos piloto a mayor escala que puedan demostrar la eficacia de estos sistemas en aplicaciones comerciales y a gran



inifap



SITS



Zacatecas
GOBIERNO DEL ESTADO
2021-2027

escala, proporcionando datos reales que puedan facilitar la transición a la adopción masiva.

- **Colaboraciones Intersectoriales:** Fomentar la colaboración entre universidades, industrias y gobiernos para crear sinergias que aceleren la innovación y la adopción de estas tecnologías.

Conclusión

El uso de la biomasa en sistemas de secado solar representa una solución innovadora y prometedora para enfrentar los desafíos de la eficiencia energética y la sostenibilidad ambiental en el sector agroindustrial. A través de las diferentes configuraciones de sistemas híbridos solar-biomasa, se puede lograr una operación más flexible y eficiente, capaz de adaptarse a las variaciones climáticas y a las necesidades específicas de secado. Mirando hacia el futuro, la integración de la biomasa en los sistemas de secado solar no solo será fundamental para lograr una mayor sostenibilidad en el sector agroindustrial, sino que también jugará un papel crucial en la transición global hacia economías de baja carbono. El desarrollo continuo de estas tecnologías puede proporcionar soluciones duraderas que no solo enfrenten el desafío del cambio climático, sino que también promuevan la seguridad alimentaria y el desarrollo económico en regiones vulnerables del mundo.

Agradecimientos

Esta propuesta fue apoyada por el Consejo Nacional de Humanidades Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT) a través de los proyectos **PRONAI 315108, 315324 y 319195**.

Referencias

FAO. (2011). *PÉRDIDAS Y DESPERDICIO DE ALIMENTOS EN EL MUNDO*. 42.

FAO. (2015a). *Iniciativa mundial sobre la reducción de la pérdida y el desperdicio de alimentos*.

<http://www.fao.org/3/a-i4068s.pdf>

FAO. (2015b). *Pérdidas y desperdicios de alimentos en américa latina y el caribe*. [http://www.fao.org/3/a-](http://www.fao.org/3/a-i4655s.pdf)

[i4655s.pdf](http://www.fao.org/3/a-i4655s.pdf)

FAO y CEPAL. (2020). *Sistemas alimentarios y COVID-19 en América Latina y el Caribe N° 9: Cómo disminuir las pérdidas y desperdicios de alimentos*. CEPAL. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/45768-sistemas-alimentarios-covid-19-america-latina-caribe-ndeg-9-como-disminuir>

Mohana, Y., Mohanapriya, R., Anukiruthika, T., Yoha, K. S., Moses, J. A., & Anandharamakrishnan, C. (2020). Solar dryers for food applications: Concepts, designs, and recent advances. *Solar Energy*, 208, 321-344. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2020.07.098>



inifap



SITS



Zacatecas
GOBIERNO DEL ESTADO
2021-2027

- Ndukwu, M. C., Simo-Tagne, M., Abam, F. I., Onwuka, O. S., Prince, S., & Bennamoun, L. (2020). Exergetic sustainability and economic analysis of hybrid solar-biomass dryer integrated with copper tubing as heat exchanger. *Heliyon*, 6(2), e03401. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e03401>
- Pirasteh, G., Saidur, R., Rahman, S. M. A., & Rahim, N. A. (2014). A review on development of solar drying applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 31, 133-148. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.11.052>
- Rahman, S. M. (2007). *Handbook of Food Preservation*. CRC Press. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0963996900001435>
- SEMARNAT. (2017). *Estrategia Nacional para Evitar Desperdicio de Alimentos*. <http://www.gob.mx/semarnat/prensa/impulsa-semarnat-estrategia-nacional-para-evitar-desperdicio-de-alimentos>
- Sharma, A., Chen, C. R., & Vu Lan, N. (2009). Solar-energy drying systems: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13(6), 1185-1210. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2008.08.015>
- Udomkun, P., Romuli, S., Schock, S., Mahayothee, B., Sartas, M., Wossen, T., Njukwe, E., Vanlauwe, B., & Müller, J. (2020). Review of solar dryers for agricultural products in Asia and Africa: An innovation landscape approach. *Journal of Environmental Management*, 268, 110730. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110730>