

Manufactura de estufas ecológicas, una nueva perspectiva que conecta el diseño con el usuario

Yovany Galindo, José Núñez

Escuela Nacional de Estudios Superiores Unidad Morelia. Antigua Carretera a Pátzcuaro No. 8701 Col. Ex Hacienda de San José de la Huerta C.P. 58190 Morelia, Michoacán, México

joseng@enesmorelia.unam.mx

Resumen

Este trabajo presenta el proceso de diseño, fabricación y difusión de una estufa de biomasa, destacando el papel crucial de la dinámica de fluidos computacional y la ingeniería asistida por computadora. Además, se ejemplifica cómo la academia puede involucrarse con las comunidades rurales y abordar sus necesidades energéticas. Esta colaboración ilustra el potencial de desarrollar soluciones innovadoras que mejoren la calidad de vida y promuevan el desarrollo sostenible en entornos rurales.

Palabras clave:

Estufas de biomasa, diseño asistido por computadora, difusión de tecnologías, comunidades rurales.

Introducción:

Una estufa de biomasa (diseñada para quemar leña) aprovecha el calor resultante para cocinar alimentos en una placa metálica o comal. Un componente esencial de estas estufas es la chimenea, la cual expulsa el humo generado durante la

combustión, evitando su acumulación en el ambiente y protegiendo la salud de los usuarios. En este trabajo ejemplificaremos cómo la ciencia y la ingeniería se aplican en el desarrollo de estas tecnologías para cubrir las necesidades energéticas de las comunidades rurales.

Para iniciar la reflexión se plantean algunas interrogantes clave: ¿Sigue siendo común cocinar con leña en las zonas rurales? ¿Qué características definen a una estufa ecológica? ¿De qué manera la ingeniería asistida por computadora contribuye al diseño de este tipo de tecnologías?

En los hogares, las labores de cocina suelen realizarse mayormente con estufas de gas LP o eléctricas. Además de estas, se difunden otras alternativas ecotecnológicas, como las cocinas solares. Sin embargo, es crucial resaltar que, en las comunidades rurales, las estufas de biomasa son ampliamente utilizadas. Estas estufas son especialmente útiles cuando la leña, su principal combustible, es abundante. No hay una

solución única y es esencial tener en cuenta que los usuarios eligen cierto tipo de tecnología para cocinar en función de sus recursos económicos y sus prácticas culturales [1].

El desarrollo de estufas eficientes de biomasa implica una colaboración estrecha con los usuarios o codiseño, de modo que las tecnologías ofrecidas satisfagan de manera más precisa las necesidades de las personas. Esto puede lograrse mediante la realización de investigaciones participativas que involucren a las comunidades rurales en el proceso de diseño y mejora. Al trabajar directamente con los usuarios es posible identificar sus requerimientos específicos, así como comprender mejor las condiciones ambientales y culturales en las que operarán estas estufas.

Al seleccionar una estufa de biomasa, es crucial considerar varios aspectos importantes. En primer lugar, se debe evaluar el tipo de tarea de cocinado que se realizará en ella, ya que distintos modelos pueden ser más apropiados para ciertos tipos de alimentos o técnicas culinarias. En el contexto mexicano, donde la fabricación de tortillas es una actividad destacada en la cocina diaria, muchas estufas de biomasa están equipadas con un comal para facilitar esta tarea específica.

Además, es esencial evaluar el mantenimiento necesario para garantizar el óptimo funcionamiento de la estufa, lo cual implica aspectos como la limpieza y el cuidado regular. El tipo de combustible utilizado también desempeña un papel crucial, ya que puede influir en la eficiencia y el rendimiento de la estufa, así como en su impacto ambiental. No se debe subestimar la importancia de reducir al mínimo las emisiones generadas durante el funcionamiento de la

estufa, tanto para mitigar la contaminación interior como para mejorar la calidad del aire en el entorno de la cocina. Es importante destacar que la adopción de este tipo de tecnologías implica una transición significativa. La exposición al humo de la leña ha sido asociada con problemas de salud en numerosas personas que utilizan fogones tradicionales [2, 3]. Además, el elevado consumo de leña contribuye al agotamiento de los recursos forestales y representa un gasto considerable para los hogares en términos de costos de cocción [4]. Por lo tanto, es crucial abordar estos desafíos mediante la promoción de tecnologías de cocina más limpias y eficientes.

Estrategias de diseño de estufas de biomasa

En este ejemplo presentamos una descripción del desarrollo de la estufa llamada k'eri, desarrollado para la comunidad indígena de San Francisco Pichátaro en Michoacán. Para comenzar, es esencial desarrollar una estrategia que contemple las preferencias de los consumidores y emplee instrumentos de política efectivos. Es crucial considerar los factores sociales, culturales y económicos del estado, así como las variaciones entre sus diferentes regiones [5]. La participación activa de cada beneficiario en todas las etapas del proceso de implementación es indispensable.

En el caso de la comunidad purépecha de San Francisco Pichátaro se implementaron talleres participativos como primera actividad para el desarrollo de una estufa de biomasa. Estos talleres permitieron conocer de cerca las necesidades energéticas de los usuarios y obtener información valiosa sobre cómo diseñar una estufa que se adapte de manera óptima a sus requerimientos.

En la segunda etapa se procedió a la definición del diseño. Entre las diversas metodologías utilizadas sobresalió el enfoque de la ingeniería asistida por computadora, que integra estrategias de diseño asistido por computadora y dinámica de fluidos computacional. Este método tiene como objetivo principal proporcionar una evaluación virtual de la tecnología, lo que permite un prototipado rápido [6]. Esta capacidad facilita la interacción con los usuarios y permite verificar si se cumplen sus expectativas.

La hipótesis fundamental es que este tipo de dispositivos tienen como centro de funcionamiento el volumen interior, que es la región por donde fluye el aire. La figura 1 muestra el diseño conceptual de esta región.

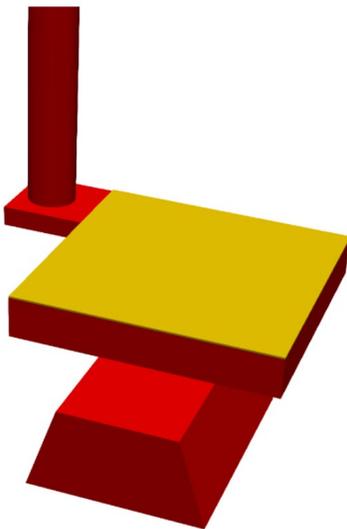


Figura 1. Volumen interior

La dinámica de fluidos computacional facilita la evaluación del rendimiento térmico a través de la solución numérica de las ecuaciones de conservación de masa, cantidad de movimiento, energía y especies químicas de la combustión. Esto permite la evaluación de múltiples configuraciones usando reglas de costo beneficio y, de este modo, encontrar la configuración óptima geomé-

trica. La figura 2 muestra la distribución de temperatura en el comal, la cual se obtiene a partir de esta solución numérica

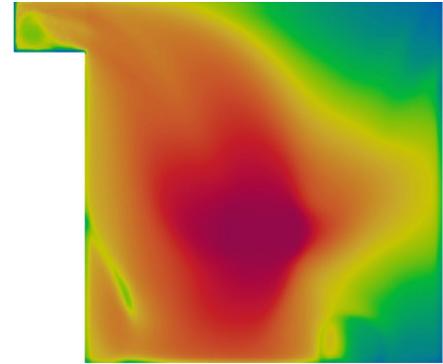


Figura 2. Distribución de temperatura en el comal

Una vez que se define el volumen interior es posible añadir elementos estructurales adicionales para proporcionar soporte, seguridad y funcionalidad. Para convertir el prototipo propuesto en una realidad tangible se pueden emplear estrategias como la impresión 3D o la manufactura en metal. Estos métodos permiten materializar la idea explorada en el entorno virtual de la computadora, llevando el diseño conceptual a la vida real de manera precisa y eficiente.

El dispositivo se fabricó en metal y se presentó en una demostración comunitaria, la interacción con los usuarios ocurrió en diferentes etapas: desde su receptividad inicial hacia la tecnología, su integración con ella, la exploración de sus características, hasta el punto en que decidieron adoptarla o rechazarla. La comunidad está probando varias tecnologías metálicas, ya que mostraron interés en su portabilidad, mientras mantienen un funcionamiento óptimo. La figura 3 ilustra la estufa en operación y la comunidad explorando las características de la estufa.

Discusión

A pesar de la existencia de numerosos diseños de estufas de biomasa, seguir desarro-



Figura 3. Demostración comunitaria de estufas

lizando nuevos dispositivos es fundamental por varias razones. En primer lugar, las necesidades y condiciones varían significativamente en diferentes partes del mundo. Por lo tanto, es necesario adaptar la tecnología a estas variaciones locales para garantizar su eficacia, relevancia y aceptabilidad. Desarrollar dispositivos que sean adaptables a diferentes tipos de biomasa disponibles localmente, así como a distintos climas y entornos, es esencial para su aplicación práctica y sostenible.

La dinámica de fluidos computacional puede modelar con precisión la transferencia de calor dentro de la cámara de combustión. Esta capacidad es crucial para diseñar estufas que sean capaces de calentar de manera uniforme y eficiente, lo que maximiza el aprovechamiento del calor generado. Al comprender y optimizar la distribución del calor en la cámara de combustión es posible desarrollar diseños que mejoren la eficiencia energética y reduzcan el consumo de combustible, lo que produce beneficios, económicos, de salud y ambiental.

La academia y las universidades pueden desempeñar un papel fundamental en el apoyo al desarrollo tecnología a través de una variedad de iniciativas y actividades incluyendo:

a) Investigar los impactos ambientales y so-

ciales de las estufas de biomasa, incluidos los efectos en la calidad del aire interior y exterior, la salud humana y el acceso energético en comunidades rurales y en desarrollo.

b) Ofrecer programas de capacitación y cursos especializados en diseño, fabricación, instalación y mantenimiento de dispositivos para estudiantes de ingeniería, ciencias ambientales y desarrollo sostenible.

c) Trabajar en estrecha colaboración con comunidades locales para comprender sus necesidades y desafíos específicos, y desarrollar soluciones tecnológicas adaptadas a sus contextos socioeconómicos y ambientales.

Conclusiones

El desarrollo de ecotecnologías desempeña un papel crucial en la transición energética, mejorando los métodos tradicionales de cocina y satisfaciendo las emergentes necesidades de los usuarios. En muchas áreas rurales, cocinar con leña sigue siendo común, lo cual resalta la importancia de mejorar estas prácticas mediante estufas ecológicas. Estas últimas se caracterizan por su eficiencia energética, reducción de emisiones y aprovechamiento óptimo de recursos locales. La ingeniería asistida por computadora facilita el diseño de estas tecnologías, permitiendo simulaciones precisas que mejoran el rendimiento térmico y la seguridad de los dispositivos. Mirando hacia el futuro, es crucial empoderar a las comunidades rurales para que participen activamente en el desarrollo de estas soluciones, integrando sus conocimientos tradicionales con innovaciones tecnológicas actuales. Este enfoque no solo promueve la autosuficiencia y el fortalecimiento comunitario, sino que también conserva el patrimonio cultural y se adapta específicamente a las necesidades locales de cada comunidad.

Agradecimientos

Los autores desean agradecer al proyecto CONAHCyT-PRONACES 319333.

Referencias

- [1] Anita V. Shankar, Ashlinn K. Quinn, Katherine L. Dickinson, Kendra N. Williams, Omar Masera, Dana Charron, Darby Jack, Jasmine Hyman, Ajay Pillarisetti, Rob Bailis, Praveen Kumar, Ilse Ruiz-Mercado, Joshua P. Rosenthal. Everybody Stacks: Lessons from Household Energy Case Studies to Inform Design Principles for Clean Energy Transitions. *Energy Policy*, vol. 141, junio de 2020, p. 111468. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2020.111468>.
- [2] Michael Brauer, Karen Bartlett, Justino Regalado-Pineda, and Rogelio Perez-Padilla. Assessment of Particulate Concentrations from Domestic Biomass Combustion in Rural Mexico. *Environmental Science & Technology*, 30(1):104–109, December 1996. <https://doi.org/10.1021/es9501272>
- [3] Kirk R Smith, John P McCracken, Martin W Weber, Alan Hubbard, Alisa Jenny, Lisa M Thompson, John Balmes, Anaité Diaz, Byron Arana, and Nigel Bruce. Effect of reduction in household air pollution on childhood pneumonia in Guatemala (RESPIRE): a randomised controlled trial. *The Lancet*, 378(9804):1717–1726, November 2011. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(11\)60921-5](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(11)60921-5)
- [4] Paulo Medina, V. Berrueta, M. Martínez, V. Ruiz, R.D. Edwards, O. Masera. Comparative Performance of Five Mexican Plancha-Type Cookstoves Using Water Boiling Tests. *Development Engineering*, vol. 2, 2017, pp. 20-28. <https://doi.org/10.1016/j.deveng.2016.06.001>.
- [5] Luz Angélica De La Sierra-de La Vega, Horacio Riojas-Rodríguez, Ester Librado-de La Cruz, Minerva Catalán-Vázquez, Rogelio Flores-Ramírez, Víctor Berrueta, and Astrid Schilmann. Implementation process evaluation of an improved cookstove program in rural San Luis Potosí, Mexico. *Energy for Sustainable Development*, 66:44–53, February 2022. <https://doi.org/10.1016/j.esd.2021.11.003>
- [6] José Núñez, Miguel F. Moctezuma-Sánchez, Elizabeth M. Fisher, Víctor M. Berrueta, Omar R. Masera, Alberto Beltrán. Natural-Draft Flow and Heat Transfer in a Plancha-Type Biomass Cookstove. *Renewable Energy*, vol. 146, febrero de 2020, pp. 727-36. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.07.007>.