

Evaluation and construction of a solar stove for rural areas in the state of Yucatán, Mexico.

Ángel Ríos Maldonado¹, Emmanuel Antonio Alonso Pérez¹, Hannia Isabel Poot Ku¹,
Nielsen Antonio Freyre Solís¹

Introducción

Las problemáticas del alto consumo de energía, así como las diferentes dificultades que se conllevan en el uso de leña en zonas rurales, han aumentado consecutivamente a tal grado que, en el 2005, World Development Report (WDR) lo clasificó como uno de los cuatro problemas más críticos de salud a nivel mundial y una de las principales causas de muerte en niños menores de cinco años en el medio rural. La recolección de la leña es un proceso a través del cual se aprovechan diversas especies vegetales; el impacto sobre la cobertura vegetal depende de la intensidad de colecta y abundancia del recurso, la cual puede tener diversos efectos. En América Latina la leña suministra el 8% del consumo energético, en los países pobres alcanza el 90% y el consumo a escala mundial varía entre 2.4 y 2.8 kilogramos/habitante/ día. Se estima que en México en 1990 la leña aportó el 46% de la energía consumida por el sector residencial; la población usuaria de leña fue de 27.5 millones de habitantes, de éstos, 17.5 millones se encontraban en el sector rural y 9.9 millones, en el urbano. El 66% de la energía producida por leña se consume en los estados de Campeche, Chiapas, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Michoacán, Oaxaca, Puebla, Querétaro, Tabasco, Veracruz y Yucatán. En Yucatán cerca de 640 mil habitantes satisfacen sus requerimientos energéticos en su vivienda a través de leña y carbón (Quiroz Carranza et al., 2009).

Así como los causantes de la leña, el gas LP es uno de los insumos que más impacto tienen en el gasto de los hogares y con mayores efectos en los niveles de pobreza ante aumentos generalizados en sus precios (DOF, 2021). La primera Encuesta Nacional sobre Consumo de Energéticos en Viviendas Particulares (ENCEVI) realizada por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) en 2018, muestra que el gas LP es el combustible de mayor uso en los hogares mexicanos con un 79% (INEGI, 2018). Las fugas de gas LP, el más utilizado

por los mexicanos en comercios y hogares, son la tercera fuente de contaminación del aire "con aditivos altamente reactivos" que contribuyen a formar ozono; el ozono es un gas presente en la atmósfera en forma natural, no es un gas estable y es muy vulnerable a ser destruido por los compuestos naturales que contienen átomos de nitrógeno, cloro y/o bromo en sus moléculas. En los últimos registros del Inecc muestran que, además de los elementos básicos como el nitrógeno y el oxígeno, hay evidencias de propano y butano en la atmósfera de la Ciudad de México (PYPESA, 2021). Según el estudio realizado por investigadores estadounidenses y australianos en 2022 estima que casi el 13% de los casos de asma infantil en Estados Unidos pueden atribuirse al uso de estufas de gas. En forma particular, los accidentes ocasionados en México por gas LP, van desde fugas e incendios de pequeña magnitud, hasta explosiones que pueden dañar las estructuras de casas, comercios e industrias; más del 40% de los accidentes son ocasionados por fugas, seguido de un 21.5% por explosiones (Alcántara & González, 2001).

Las condiciones socioeconómicas como la pobreza y las desigualdades, la fragilidad de los ecosistemas naturales y las características geográficas y climáticas de nuestro país, hacen que México sea sumamente vulnerable al cambio climático (SEMARNAT, 2022). De acuerdo con las cifras reportadas por la IEA para el 2003, México ocupa el lugar 12 a nivel mundial en las emisiones de CO₂ por quema de combustibles fósiles, con un total de 374.25 millones de toneladas de CO₂ o el 1.5% de las emisiones globales. Los efectos del cambio climático ya son tangibles en el territorio nacional. En los últimos 50 años, las temperaturas promedio en el país han aumentado aproximadamente 0.85°C por arriba de la normal climatológica, lo que corresponde con el incremento global reportado por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) (Pinete, 2023). En la Península de Yucatán, a causa del calentamiento

global surgieron alteraciones las zonas de cultivo, ganaderas, dedicadas a la avicultura, apicultura, y en general toda la producción agropecuaria, debido al aumento de precipitación pluvial, en algunas regiones, o de desertificación en otras. Al mismo tiempo, provoca un aumento en la prevalencia de enfermedades, principalmente las Infecciones Respiratorias Agudas (Iras) y las Enfermedades Díarreas Agudas (Edas), debido a los cambios bruscos de temperatura (Yucatán Ahora, 2018).

La radiación solar es un tipo de radiación electromagnética propagada por el Sol, nuestra mayor fuente de energía. Su naturaleza se caracteriza por la composición espectral y por las diversas longitudes de onda. Como efecto directo de su posición latitudinal, el estado de Yucatán se ve sometido a una intensa radiación solar durante el año, lo que motiva la ocurrencia de altas temperaturas diurnas, sin embargo, recibe menor radiación durante el invierno ya que el ángulo de incidencia de los rayos solares acusa una mayor inclinación, dando como resultado que la intensidad de la radiación térmica sea menor que durante la primavera y el verano (INEGI, 2002). En poco tiempo Yucatán ha llegado a índices de 14 puntos, alrededor de las dos de la tarde, con cielo despejado. Esa cifra rebasa el nivel en que se considera que los rayos UV son dañinos para la gente (FIUADY, 2008).

Siguiendo en vista estas problemáticas, se opta por la construcción de una estufa solar, que como su nombre lo indica, son dispositivos que utilizan únicamente radiación solar, ya sea concentrándose con un reflector parabólico o captando la radiación infrarroja en una caja aislada. El diseño más común es el parabólico, ya que permite que los rayos solares se concentren en una pequeña superficie, pues su forma paraboloide de revolución recibe los rayos acumulándolos en un solo punto (Terrés et al., 2008). Por otro lado, los hornos solares son cajas recubiertas con materiales aislantes que tienen una tapa transparente y permiten la cocción por el efecto invernadero. Ambos dispositivos tienen en común el uso de materiales reflectantes que hacen que, sin importar donde irradie la luz solar, ésta se refleje hacia la zona focal.

Toda esta información anteriormente recolectada con el objetivo mitigar la contaminación y el porcentaje de personas afectadas por el uso de gas LP y leña; así como su contribución en la construcción y evaluación de una estufa solar en una zona rural de Yucatán.

Materiales y Métodos

Se realizó el plano del horno solar utilizando el programa AUTOCAD 2023 (Figura 1.1), donde se acotó. El diseño se modificó para hacerlo más apto para una construcción rápida y bajo costo del realizado por Terrés Peña (Terrés et al., 2013). (Figura 1.2)

Los materiales que se utilizaron para su construcción fueron tablas de pino, papel aluminio, cinta, clavos, bisagras, pijas, placa de cristal, espuma de poliuretano marca FOAM, así como una olla. Las medidas del horno son: 50 cm de ancho, 50 cm de largo y 40 cm de alto. La espuma de poliuretano fue utilizada como aislante y recubrir las paredes interiores de la caja (Figura 1.2), mientras que el aluminio fue utilizado para cubrir las paredes internas de la caja (Figura 1.4).

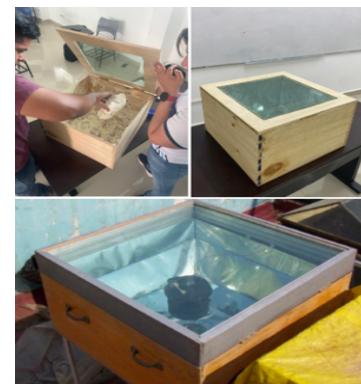


Figura 1.2 Diseño realizado por Terrés Peña (abajo), recubrimiento de paredes con poliuretano y aluminio (arriba).

Evaluación de temperatura por hora

La evaluación de la temperatura por hora se llevó a cabo en las instalaciones de la universidad modelo en el techo del edificio de ingeniería con las coordenadas geográficas de 21.02799° N y 89.56561° O. La prueba inició de 9:00 hrs hasta las 17:00 hrs, haciendo mediciones con el equipo (marca y modelo) cada hora.

Evaluación de cocción de alimentos

Se realizó la cocción de los alimentos básicos (carne, frijol y huevos) y agua durante el intervalo de 9:00 hrs a 17:00 hrs, evaluando cada hora la temperatura del agua y determinando el tiempo de cocción de dichos alimentos. Esta prueba se realizará nuevamente en el mes de marzo para compararlo con una radiación más fuerte a la

realizada durante el mes de diciembre utilizando como punto de comparación la medición de temperatura del agua.

Evaluación de cocción de alimento en horno convencional (gas)

Por otro lado, se hizo otra evaluación para establecer un punto de comparación de la cocción de alimentos y las temperaturas que alcanzó, cocinándose estos alimentos con gas y midiendo también el tiempo que tardó en cocinarse cada uno.

Evaluación de potencia

La evaluación del cálculo de la potencia (1) y la potencia estandarizada (2) de la estufa se determinaron con el estándar internacional ASAE S580 de la Sociedad Americana de Ingenieros Agrónomos (ASAE S580, 2013).

$$P = \left(\frac{T_2 - T_1}{600} \right) C$$

Ecuación 1

Donde:

P = Potencia de la cocina [W]

T₂ = Temperatura final del líquido

T₁ = Temperatura inicial del líquido

C = masa por capacidad calorífica [kJ/K]

$$P_s = P \left(\frac{700}{I} \right)$$

Ecuación 2

Donde:

P_s = Potencia normalizada de la cocina [W]

P = Potencia de la cocina [W]

I = Radiación sobre la superficie de la cocina [W/m²]

700 = Valor normalizado de radiación [W/m²]

Evaluación de Temperatura y Humedad

Se elaboró un circuito para evaluar la temperatura y humedad dentro del prototipo, se controló mediante una placa Arduino Uno con un código previamente cargado. Se utilizó un MAX6675 módulo interfaz para termopar tipo K para medir temperatura mientras que para medir la humedad se utilizó un

módulo sensor de humedad DHT11. Para visualizar los datos se conectó una pantalla LCD.

Evaluación cualitativa (Encuesta)

Para conocer la respuesta de la población respecto a la estufa solar, se realizó una encuesta dirigida a adultos de 40 años en adelante dentro del estado de Yucatán para conocer su opinión al respecto, se contó con una muestra de 50 personas en la plaza grande del centro de la ciudad de Mérida, Yucatán.

Resultados

Con el análisis de los resultados se puede observar que 92% de las personas encuestadas usan gas como combustible para su cocina y 4% utiliza otro tipo.

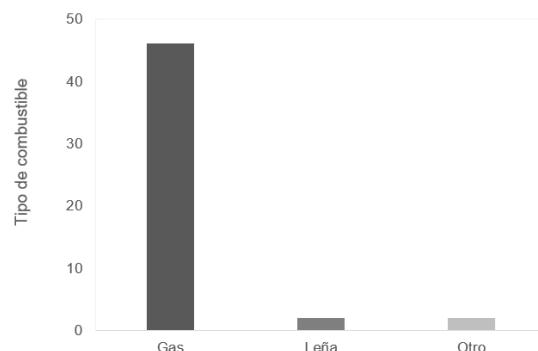


Figura 2.1 Combustibles utilizados para cocinar

De igual forma el 93.9% de los encuestados cocinan, en su mayoría mujeres; de este resultado podemos destacar que gran porcentaje de las mujeres prefieren no cambiar su cocina por una estufa solar ya que necesitan que su tiempo sea rápido a comparación con los hombres quienes prefieren cambiar a una estufa solar.

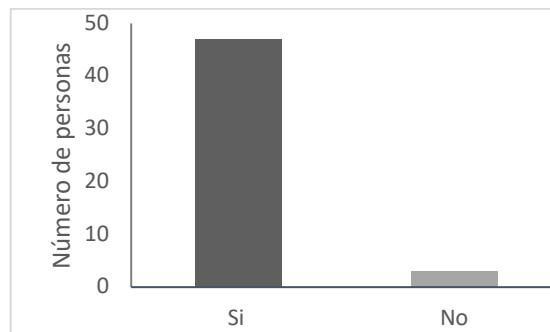


Figura 2.2 Número de personas que cocinan.

Dando así que un 82% de las personas están dispuestos a cambiar su por cocina por una estufa solar y un 18% prefiere no hacerlo.

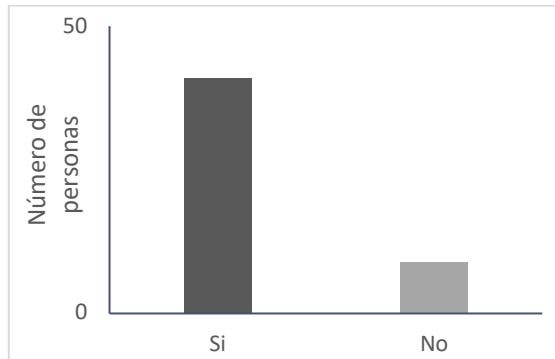


Figura 2.2 Número de personas dispuestas a usar una estufa solar.

Bibliografías

Quiroz Carranza, J., Cantú Gutiérrez, C., Díaz J Jiménez, R., & Orellana Lanza, R. (2009, enero). Uso de leña en Yucatán y tecnología para su aprovechamiento sustentable. *research*. Recuperado 16 de noviembre de 2023, de https://www.researchgate.net/profile/Roger-Orellana-2/publication/281829218_Uso_de_la_leña_en_Yucatan_y_tecnología_para_su_aprovechamiento_sustentable/links/55f9f3f708aeafc8ac2cc820/Uso-de-la-leña-en-Yucatan-y-tecnología-para-su-aprovechamiento-sustentable.pdf

Diario Oficial de la Federación (DOF). (2021, 28 julio). DIRECTRIZ de emergencia para el bienestar del consumidor de gas licuado de petróleo. Recuperado 22 de noviembre de 2023, de https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5625053&fecha=28/07/2021&print=true

INEGI (2018). Encuesta Nacional sobre Consumo de Energéticos en Viviendas Particulares (ENCEVI) 2018. <https://www.inegi.org.mx/programas/encevi/2018/>

PYPESA. (2021, 4 agosto). Medio ambiente: Las fugas de gas agravan la contaminación por ozono. <https://www.pypesa.com/post/medio-ambiente-las-fugas-de-gas-agravan-la-contaminacion-por-ozono>

Alcántara Garduño, M. E., & González Moarán, T. (2001, diciembre). Modelación de radios de afectación por explosiones por instalaciones de gas. CENAPRED. Recuperado 22 de noviembre de 2023, de http://www.proteccioncivil.gob.mx/work/models/ProteccionCivil/Resource/373/1/images/it_mraeig.pdf

SEMARNAT. (2022). Día Internacional contra el Cambio Climático. Recuperado 22 de noviembre de 2023, de <https://eventos.semarnat.gob.mx/files/uploads/Edith%20Mart%C3%ADnez/2023/09/28/guia-dia-internacional-contra-cambio-climatico.pdf>

Pinete, M. (2023, 20 junio). Proposición con punto de acuerdo por el exhorta respetuosamente a las autoridades ambientales de las 32 entidades federativas a efecto de que implementen campañas informativas sobre los cuidados hacia los animales de compañía ante el incremento de temperaturas. Cámara de diputados. Recuperado 22 de noviembre de 2023, de https://infosen.senado.gob.mx/sgsp/gaceta/65/2/2023-06-21-1/assets/documentos/PA_PVEM_Dip_Maria_Pinete_Campanas_Informativas_Cuidado_Animales_Incremento_Temperaturas.pdf

Yucatán Ahora (2018, 27 junio). Cambio climático provoca semidesertificación de la Península de Yucatán. <https://yucatanahora.mx/cambio-climatico-provoca-semidesertificacion-de-la-peninsula-de-yucatan#:~:text=Reconoci%C3%B3n%20los%20efectos%20del%20cambio,0%20de%20desertificaci%C3%B3n%20en%20otras.>

INEGI. (2002). Estudio hidrológico del estado de Yucatán. Recuperado 22 de noviembre de 2023, de <https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/productos/contenidos/espanol/bvinegi/productos/historicos/2104/702825224165/702825224165.pdf>

FIUADY. (2008, 11 junio). LOS RAYOS UV SON UN PELIGRO. Recuperado 22 de noviembre de 2023, de <https://www.ingenieria.uady.mx/meteorologica/noticias.html>

Terrés, H., Ortega, Gordon, Morales, & Lizardi. (2008, 27 mayo). Evaluación de reflectores internos en una estufa solar de tipo caja. Científica. Recuperado 15 de noviembre de 2023, de <https://www.redalyc.org/pdf/614/61411609004.pdf>

ASAE S580. (2013, 1 noviembre). American Society of Agricultural and Biological Engineers. Recuperado 17 de noviembre de 2023, de <https://www.asabe.org/Portals/0/aPubs/S580.pdf>

CARACTERIZACIÓN DE UNA COCINA SOLAR PARABÓLICA. (2010). [PROYECTO DE FIN DE CARRERA]. UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID.

Terrés, H., Morales-Gómez, J., Arturo, L., López-Callejas, R., & De J Portillo-Vélez, R. (2013). Estudio numérico de eficiencias en estufas solares tipo caja con reflectores internos. Revista Internacional De Metodos Numericos Para Calculo Y Diseno En Ingenieria, 29(2), 122-128. <https://doi.org/10.1016/j.rimni.2013.04.004>