

Tecnologías basadas en el diseño para el medio ambiente: estufa de leña para uso en la comunidad

Liliana San Pedro Cedillo*, Caridad Vales Pinzón, Manuel Israel Flota Bañuelos, Roger Iván Méndez Novelo.

**Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Yucatán, Industrias No Contaminantes S/N, Sin Nombre de Col 27. Mérida, Yucatán, 97310.*

Fecha de recepción: 11 de noviembre de 2020 - Fecha de aceptación: 20 de marzo de 2021

Resumen

En el presente trabajo se presentan los resultados de un proyecto realizado con base en el diseño para el medio ambiente, siguiendo la metodología del análisis del ciclo de vida. El proyecto se enfocó en diseñar y construir una estufa de leña sustentable, con el objetivo de mejorar la calidad de vida, enfocado en el ámbito de la salud de los habitantes de la comunidad de Yaxunah, Yaxcabá, Yucatán. Se demostró experimentalmente que el diseño de estufa propuesto permite reducir la cantidad de leña que se utiliza al cocinar, así como la cantidad de humo. El prototipo final de la estufa fue presentado ante los habitantes de la localidad, a quienes se les encuestó para evaluar sus impactos. Con la información recabada se encontraron áreas de oportunidad de mejora para el prototipo, así como los posibles obstáculos para su implementación, como la falta de mano de obra calificada para la construcción dentro de la comunidad.

Palabras clave: desarrollo sustentable, medio ambiente, estufa, leña, comunidad.

Technologies based on design for the environment: wood stove for use in the community

Abstract

In the present work the results of a project carried out based on the design for the environment are presented, following the methodology of the life cycle analysis. The project focused on designing and building a sustainable wood stove, with the aim of improving the quality of life (in terms of health) of the inhabitants of Yaxunah, Yaxcabá, Yucatán community. It was experimentally verified that the proposed stove design allows reducing the amount of firewood used when cooking, as well as the amount of smoke. The final prototype of the stove was presented to the local inhabitants, who were surveyed to evaluate its impacts. With the information gathered, areas of opportunity for improvement were found for the prototype, as well as possible obstacles for its implementation (lack of qualified labor for construction within the community).

Keywords: sustainable development, environment, stove, firewood, community.

*liliana.cedillo@correo.uady.mx

Introducción

El diseño para el medio ambiente es una técnica utilizada para integrar los factores ambientales desde las primeras etapas de un proceso o producto, cumpliendo con el objetivo de hacerlos eficientes desde un punto de vista medioambiental, manteniendo una relación de calidad/precio adecuada (Arroyo et al. 1999). Sirish et al. (2015) afirman que la sostenibilidad en los aspectos ambiental, social y económico depende del diseño del marco regulatorio, y que con normas estrictas no necesariamente se garantiza la calidad ambiental, a menos que las economías sean suficientemente altas. Esto podría significar que países en vías de desarrollo no gozen de tecnología sostenible y que por ende su calidad de vida sea por debajo de la media, incluso que no se tengan los medios suficientes para una vida digna. El diseño para el medio ambiente implica ética así como moralidad, valores que no son considerados en el diseño en general (Eastman, 2012), pero que son básicos para ofrecer soluciones integrales a problemas cotidianos, específicamente en zonas vulnerables.

En el 2015, surge la agenda 2030 como un plan de acción en favor de las personas, el planeta y la prosperidad. En esta se presentan los Objetivos del Desarrollo Sustentable (ODS), que están formulados para erradicar la pobreza, promover la prosperidad y el bienestar para todos, proteger el medio ambiente y hacer frente al cambio climático a nivel mundial. De acuerdo con Cantú (2016), los ODS tienen la capacidad de adaptarse a todos los países tomando en cuenta los aspectos sociales y ambientales, así como el grado de desarrollo. Así, los ODS se vislumbran como las rutas sobre las cuales se debe trabajar globalmente a través de la ciencia, la tecnología y la política, para asegurar la sana existencia de la humanidad.

Una manera de conjuntar el diseño para el medio ambiente con los objetivos del desarrollo sustentable es a través de las

ecotecnologías, término que se relaciona con la solución a los retos de la sostenibilidad (Haddaway et al. 2018). La ecotecnología debe considerar la necesidad del consumidor para quien es diseñado el producto o sistema, así como su entorno cultural, económico y ambiental, mediante el conocimiento del ecosistema y la sociedad (González y Martínez, 2014).

Una de las actividades rutinarias de cada hogar es la elaboración de los alimentos, para lo cual se requiere de algún medio para llevar a cabo la respectiva cocción; generalmente en los lugares citadinos se emplean estufas de gas butano o natural o estufas eléctricas. Sin embargo, en las zonas rurales aún se sigue utilizando la leña para este fin. Con el paso del tiempo, se ha adquirido el conocimiento de que el uso constante de la leña trae consigo efectos nocivos para la salud, debido a las partículas que respiran las personas (generalmente mujeres) al momento de utilizar la leña, acarreando problemas pulmonares que no son reparables. Por otro lado, también trae consecuencias negativas al ambiente, debido a la tala de los árboles. De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas Para La Alimentación y la Agricultura (FAO), en la actualidad las estufas tradicionales (fogones) son utilizadas por el 83% de las familias de las comunidades rurales (FAO, 2009) debido a cuestiones culturales, de tradición, acceso a combustibles y economía. Sin embargo, se han difundido diferentes modelos de estufas eficientes con múltiples objetivos, entre los cuales se encuentra mejorar la calidad de vida de los usuarios, disminuir impactos negativos a la salud por la inhalación del humo de leña, la mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales.

El objetivo del presente trabajo fue construir una estufa amigable con el medio ambiente considerando el análisis del ciclo de vida,

para implementar en la comunidad de Yaxunáh, Yaxcabá, Yucatán.

Metodología

Análisis de la comunidad de estudio

Se recopiló información de bases de datos oficiales del gobierno de México sobre el estatus del municipio (Yaxcabá) y de la comunidad (Yaxunáh). Posteriormente, se analizó dicha información para determinar la viabilidad del proyecto.

Diseño de la estufa

Se realizó un análisis de la literatura para identificar los modelos de estufa que pudieran ser adaptados en el diseño para el medio ambiente, considerando: 1) la identificación de etapas del proceso de construcción, 2) materiales innecesarios y 3) sustitución de actividades con gran impacto.

Ciclo de vida

Una vez definido el modelo de estufa, se planteó el análisis del ciclo de vida (metodología propuesta para el desarrollo del proyecto), desde la fase de definición del problema, hasta el diseño, construcción y pruebas. Posteriormente, se propuso la implantación y despegue, así como el diseño de encuestas para la evaluación de la percepción de la comunidad.

Construcción y pruebas de la estufa

Se diseñó y construyó el prototipo de estufa. Ésta fue sometida a pruebas de funcionamiento y eficiencia hasta llegar a un prototipo final. La estufa en su versión final fue llevada a la comunidad para mostrar su funcionamiento y evaluar el nivel de aceptación (ver Anexo).

Resultados y discusión

Comunidad de estudio: Yaxunah

Yaxuná es una localidad que se ubica en el municipio de Yaxcabá, en el estado de Yucatán, como se observa en la Figura 1.

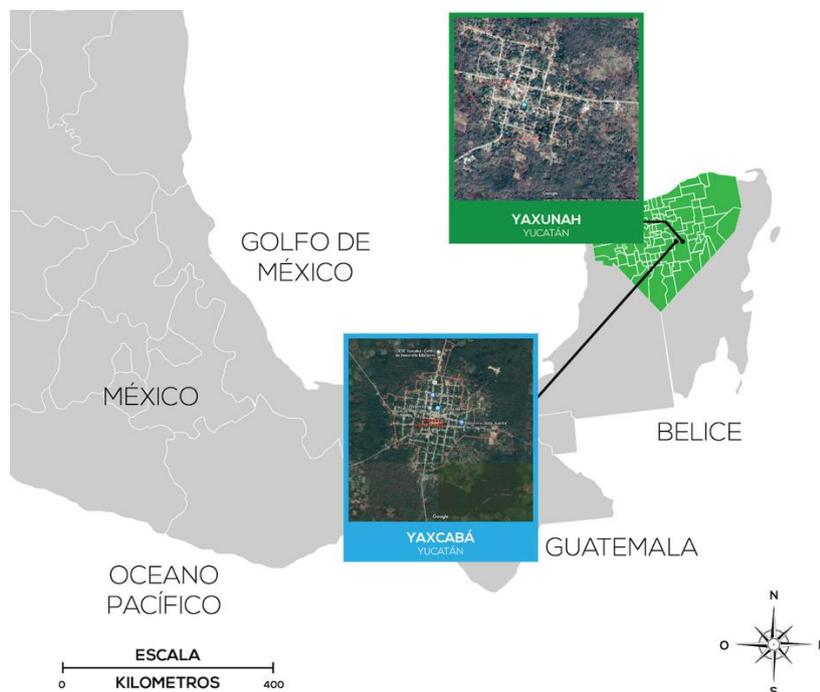


Figura 1. Ubicación geográfica de Yaxuná, Yaxcabá, Yucatán.

De acuerdo con la información recabada, se presentan en la Tabla 1 algunos datos

importantes de vivienda y urbanización tanto del municipio Yaxcabá, como de la localidad

Yaxunáh. En esta última, según el censo de 2010 (información pública más actualizada), existe una población total de 617 personas (300 hombres y 317 mujeres). La Secretaría de Desarrollo Social señala que el grado de

marginación municipal es MUY ALTO (Yaxcabá), y que Yaxuhah tiene un grado de marginación como localidad ALTO, así como un grado de rezago social MEDIO (SEDESOL 2010).

Tabla 1. Datos de vivienda y urbanización del municipio Yaxcabá y de la localidad Yaxunah.

Atributo (descripción)	Yaxcabá	Yaxunah
Total de viviendas particulares habitadas (2010)	3466	162
Promedio de ocupantes en viviendas particulares habitadas (2010)	4.3	3.81
Viviendas particulares habitadas que disponen de energía eléctrica (2010)	3101	152
Viviendas particulares habitadas que disponen de refrigerador (2010)	1362	50
Capacidad instalada de las plantas potabilizadoras y volumen suministrado anual de agua potable (2009)	0	--
Viviendas particulares habitadas que disponen de agua entubada en la vivienda (2010)	--	144
Viviendas particulares habitadas que disponen de drenaje (2010)	--	36

Fuente: Adaptada de INEGI (2010) y Gobierno del Estado de Yucatán (2019).

Respecto a las actividades económicas, no hay información precisa respecto a cuántas familias participan en la actividad artesanal en Yaxunah; datos del 2001 indican que en 1997 eran cerca del 70% de los grupos familiares dedicados a estas actividades. Para el 2011, se encontró que la media en el número de habitantes era muy similar entre artesanos y agricultores, concluyendo que

éstas son las principales actividades económicas (Hernández, 2011).

Estufa cohete

El proyecto se basó en la metodología Análisis del Ciclo de vida de un producto (Suppen y Van Hoof, 2007), cuyas etapas se presentan en la Figura 2.

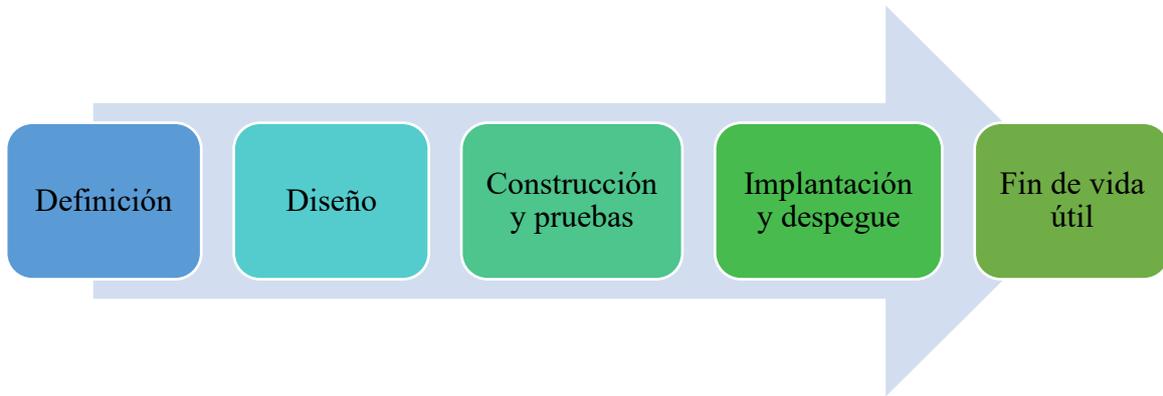


Figura 2. Etapas del ciclo de vida de un producto.

a) Definición.

La idea del proyecto fue una estufa basada en el modelo “Cohete” (Okonkwo et al. 2017, Abdurrahman et al. 2018) con el fin de minimizar la exposición a partículas por parte de las personas que cocinan en la comunidad, ya que plantea la posibilidad de realizar una combustión más eficiente que los fogones convencionales. El combustible propuesto fue leña, sin embargo, el diseño permitiría el uso de una menor cantidad de la misma.

En esta etapa se integra también el análisis del entorno, el cual se presentó en el apartado “Comunidad de estudio: Yaxunah”. Con base en los indicadores de marginación, rezago social y carencia en las viviendas, se concluyó que la propuesta de la estufa es un proyecto viable de implantación en la comunidad.

b) Diseño.

Se propuso el diseño de una estufa de metal, pequeña y portátil para que pueda ser cómodamente reubicada y transportada. Se propusieron tres modelos de estufa: uno con

parrilla y dos con plancha (uno con chimenea y otro sin ella). Estos modelos fueron construidos y sometidos a pruebas para generar un prototipo final.

c) Construcción y pruebas.

Respecto a los materiales para la construcción, en esta etapa del diseño del producto, tomando en cuenta el medio ambiente, se decidió emplear acero al carbón (tipo A36), el cual tiene bajo contenido de carbono (aproximadamente 0.267%). Además, este acero es de fácil acceso y ampliamente utilizado en la industria de la construcción.

Se construyeron los tres modelos de estufa propuestos en el diseño y se realizaron las pruebas descritas en la Tabla 2. En la Figura 3 se observan los tres modelos construidos: estufa con plancha y chimenea, estufa con plancha, sin chimenea y estufa con parrilla sin chimenea.

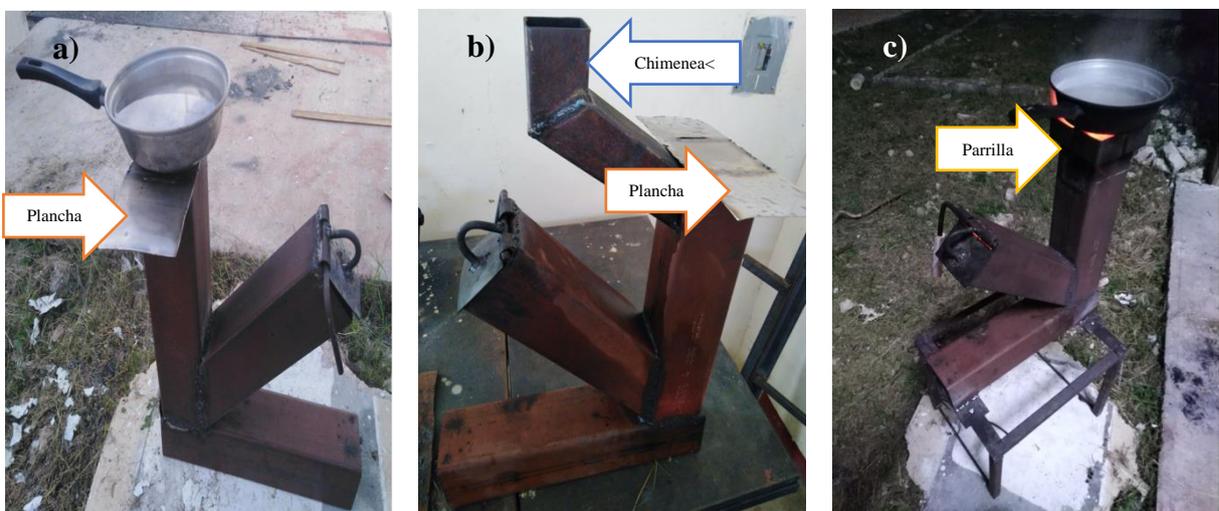


Figura 3. Modelos de estufa contruidos y sometidos a pruebas: a) con plancha y sin chimenea; b) con plancha y chimenea c) con parrilla y sin chimenea.

Tabla 2. Pruebas realizadas con las estufas.

Modelo	Descripción	Resultados
Estufa con plancha y sin chimenea	La salida de aire estuvo completamente tapada con la placha. Se dejó abierto el compartimento por donde se coloca la leña. Se introdujeron 300 g de leña y se encendió. Se colocó un recipiente de aluminio con 1 L de agua.	Fue difícil mantener encendido el fuego. La temperatura de la plancha fue de 36°, muy cercana a la temperatura ambiente; el calor transferido al agua era prácticamente nulo. Se observó que la flama estaba desviándose hacia la entrada del compartimento por donde se coloca la leña, de modo que no llegaba a la plancha, razón por la cual la transferencia de calor fue deficiente. Se observó que la flama tendía a salir por la chimenea, y que lateralmente tocaba la plancha. Además se midieron temperaturas: 300° C en la chimenea; 120° C en la plancha y 90° C la base de la olla.
Estufa con plancha y chimenea	La chimenea fue construida muy cerca de la plancha. En la prueba se colocó la plancha en el espacio correspondiente y la salida de aire quedó por la chimenea. Se introdujeron 300 g de leña y se encendió. Se colocó un recipiente de aluminio con 1 L de agua.	Aunque se pudo observar la formación de una pequeña capa de diminutas burbujas en el fondo de la sartén, se estaba demorando mucho en hervir. Se observó que la mayor parte del calentamiento estaba en el contacto directo con la flama y en el aire caliente proveniente de la cámara de combustión, es por ello que se decidió remover la chimenea y la plancha, y colocar una parrilla.
Estufa con parrilla y sin chimenea	En este modelo no existe chimenea de salida de aire. En lugar de la plancha, se construyó una parrilla cuadrangular, con espacio suficiente para asentar el recipiente donde se vaya a cocinar (sartén, olla, etc.). Se introdujeron 300 g de leña y se encendió. Se colocó un recipiente de aluminio con 1 L de agua.	Se alcanzó el punto de ebullición del agua en 4 minutos (temperatura inicial y final 26 °C y 106 °C, respectivamente). La temperatura en la base de la olla fue de 111 °C. en 40 minutos se consumió la madera, el volumen de agua evaporado en ese tiempo fue el 50% del original.

Con base en lo anteriormente expuesto, se decidió que el modelo del prototipo final fuese el de la parrilla sin chimenea. En la

Figura 4 se observa el diseño final de la estufa.

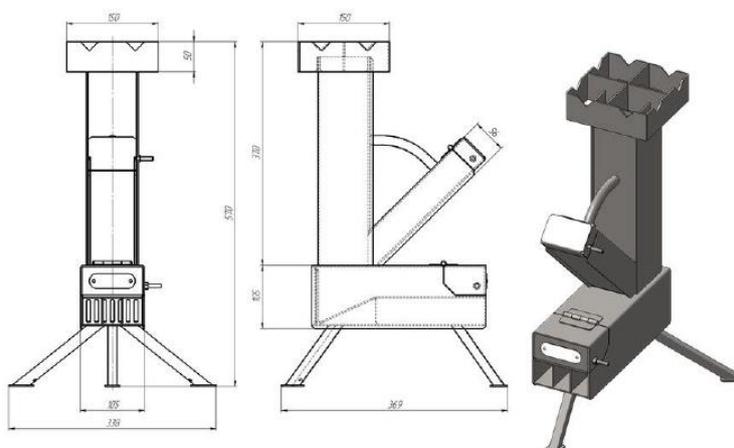


Figura 4. Diseño final del prototipo de estufa cohete.

d) Implantación y despegue.

Para la implementación del proyecto, la estufa se llevó al Centro comunitario de Yaxunah, donde fue presentada ante los habitantes, en el marco de la actividad “Foro de proyectos de energías renovables” (noviembre, 2019). El evento fue público, por lo que los espectadores fueron adultos, jóvenes, adultos mayores e incluso niños. La demostración consistió en cocinar hot cakes en la estufa. Posteriormente se aplicó una breve encuesta para recoger las impresiones de los habitantes, entre las cuales destacan: “la estufa funciona bien, casi no echa humo”, “¿por qué no trajeron estufas para regalar?”, “aquí no hay herrero”, “se batalla para encender”, “la parrilla es muy chica”, “rinde más la leña”, “qué bien que es portátil”.

Evaluación del impacto ambiental y social

La conclusión general que se obtuvo de las encuestas (ver el Anexo) es que existe un verdadero interés por parte de las personas de la comunidad en este proyecto. Las personas calificaron al proyecto como solución a un problema importante que tienen, y les impresionó que pudieran cocinar con poca madera. También les gustó la idea de que genera mucho menos humo.

Sin embargo, a pesar de que la idea les resultó atractiva, mencionaron que no contaban con ningún herrero en la comunidad y que por lo tanto no podrían construirlas. Por lo que se propone que se podría generar un diseño de estufa de concreto con tabiques, pero debido a un mayor peso, no sería móvil.

Es más importante que la comunidad pueda apropiarse de esta tecnología con un modelo hecho con tabiques, que donarles estufas de metal que no podrán reparar ni replicar. Por lo tanto para generar un verdadero impacto, se debe modificar el diseño por su equivalente construido con tabiques.

Una vez construida la estufa con el nuevo diseño, se podría evaluar el impacto del proyecto realizando encuestas sobre el número de árboles que talan para leña y sobre su salud respiratoria antes y después de la implementación del proyecto.

e) Fin de vida útil

El fin de vida útil que se presenta a continuación corresponde al modelo propuesto y construido en el presente trabajo.

El ciclo de vida de la producción de metales implica: extracción de la materia prima, fabricación de productos previo a la venta (en

este paso se recicla el metal), reuso y remanufactura, reciclaje mediante la chatarra. En consecuencia, al final de la vida de la cocina es posible reintegrarse al ciclo del acero, en forma de chatarra.

En cuanto al tiempo de vida del material utilizado, en literatura se explica que el acero al carbono en un ambiente rural tendrá una reducción por oxidación de $5 \mu\text{m} / \text{año}$, en la marina de $6.35 \mu\text{m} / \text{año}$, y en la industria de $13.72 \mu\text{m} / \text{año}$ (Garcés 2002, Alcántara 2019, Díaz et al. 2003). Tomando en cuenta el peor escenario (oxidación de $13.72 \mu\text{m} / \text{año}$ en la industria), se calcula que en 20 años el PTR se reduzca 0.2742 mm . Es decir, se espera que se reduzca de 1.9 mm de grosor a 1.6256 mm (reducción en un 14.44%). De esta manera se estima que el proyecto puede tener una vida aproximada de 20 años hasta antes de que comience a comprometerse estructuralmente.

Conclusiones

El modelo de la estufa cohete permite reducir la cantidad de leña que se utiliza al cocinar, también se reduce la cantidad de humo que despiden. Se debe perfeccionar el encendido de la estufa, para ello se sugiere la implementación de orificios laterales en la cámara de combustión para mejorar la oxigenación. Asimismo, se recomienda colocar una parrilla de mayor tamaño. En este tipo de proyectos, cuyo objetivo es ser

implementado en la comunidad, es necesario que los habitantes se puedan apropiarse de la tecnología, para su replicación y aplicación. En el caso específico de la comunidad de estudio, al no contar con personal que trabaje los metales se proponen dos situaciones: llevar hasta ellos la capacitación requerida realizando talleres de instrucción en herrería, o de lo contrario, diseñar, construir y probar la estufa con tabiques. El diseño para el medio ambiente toma en consideración los aspectos del ecosistema, del cual la sociedad también forma parte, por lo que es de suma importancia que para aquellos proyectos que se deseen implementar en comunidades no urbanas, se tome en cuenta la necesidad real de los habitantes y que las soluciones propuestas tengan en consideración los usos y costumbres de los mismos.

Reconocimientos

Se agradece a los estudiantes de la cuarta generación de la carrera de Ingeniería en Energías Renovables de la Facultad de Ingeniería de la UADY César Castellanos Escalante, Sharon Manzano Uicab, Fernando Mora Cruz, Ricardo Rodríguez Vásquez, Luis Sevilla Sarao y Marianne Briel, al técnico Sergio Arturo Canché Pacab del Laboratorio de Eficiencia Energética de la misma institución y al proyecto “Compartiendo tecnologías limpias y buenas prácticas agroecológicas con familias de Yaxunáh” (UADY-Kellogg).

Referencias

- Abdurrahman, R., Pasek, A. D., & Prawisudha, P. (2018). *Numerical and experimental study on rocket stove combustion process for heating stirling engine*. In “AIP Conference Proceedings” (Vol. 1984, No. 1, p. 030012). AIP Publishing LLC
- Alcántara, J. (2019). *Corrosión atmosférica marina de aceros al carbono*. Tesis de Doctorado. Universidad Complutense de Madrid, España.
- Arroyo, A., Chamorro, A. & Miranda, F. (1999). *Diseño para el medio ambiente: hacia una integración de innovación y medio ambiente*. En “La gestión de la diversidad: XIII

- Congreso Nacional, IX Congreso Hispano-Francés, Logroño (La Rioja), pp- 299-302". Universidad de La Rioja.
- ONU (2015). La agenda del desarrollo sostenible. Recuperado el 28/10/19 de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/development-agenda/#2641562e496207eff>
- Cantú Martínez, P. C. (2016). *Los nuevos desafíos del desarrollo sustentable hacia 2030*. Ciencia UANL, Vol. 19, No. 80, pp. 27-32.
- Díaz, V., López, C., Rivero, S.,(2003). *Predicción de la corrosión del acero de bajo carbono en intemperie rural y urbana*. Revista Metalurgia, Vol. 39, No. Extra
- Eastman, C. M. (Ed.). (2012). *Design for X: concurrent engineering imperatives*. Springer Science & Business Media. ISBN 978-94-011-3985-4 (ebook)
- FAO (2009). *La FAO en México, más de 60 años de cooperación 1945-2009*. Editorial FAO Representación en México. ISBN: 978-92-5-306418-2.
- Garcés, R. (2002). *Evaluación de la corrosión atmosférica del acero expuesto en diversas atmósferas*. Tesis de Maestría, Universidad Autónoma de Nuevo León, México.
- Gouda, S. K., Jonnalagedda, S., & Saranga, H. (2016). *Design for the environment: Impact of regulatory policies on product development*. European Journal of Operational Research, Vol. 248, No. 2, pp. 558-570.
- González, L. G., & Martínez, N. (2014). *Ecotecnologías para la sustentabilidad; una estrategia de inclusión, sobre todo para estudiantes de las áreas rurales*. Memorias del Encuentro Internacional de Educación a Distancia, (3).
- Gobierno del Estado de Yucatán. (2019). Municipios de Yucatán. Recuperado el 20/09/19 de <http://www.yucatan.gob.mx/estado/municipios.php>
- Haddaway, N. R., McConville, J., & Piniewski, M. (2018). *How is the term 'ecotechnology' used in the research literature? A systematic review with thematic synthesis*. Ecohydrology & Hydrobiology, Vol. 18, No. 3, pp. 247-261.
- Hernández, H. (2011). *Etnoarqueología de grupos domésticos mayas: identidad social y espacio residencial de Yaxunah, Yucatán*. Tesis de doctorado, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- INEGI (2010). Datos abiertos. Recuperado el 18/09/19 de <https://www.inegi.org.mx/servicios/datosabiertos.html>
- Okonkwo, U. C., Abdurraheem, A. A., Okokpujie, I. P., & Olaitan, S. (2017). *Development of a rocket stove using woodash as insulator*. Journal of Engineering and Applied Sciences, Vol. 10, No. 1, pp. 1-13.
- SEDESOL (2010). Catálogo de localidades. Recuperado el 29/09/19 de <http://www.microrregiones.gob.mx/catloc/contenido.aspx?refnac=3110400432>

Suppen, N., & Van Hoof, B. (2007). Conceptos básicos del Análisis de Ciclo de Vida y su aplicación en el Ecodiseño. Recuperado el 11/09/19 de http://www.icyt.df.gob.mx/documents/cursos_diplomados/seminario_empresa/PRESENTACION_NYDIA_SUPPEN.pdf/Consultado, 25.

Anexo

Instrumento de evaluación del proyecto (por la comunidad)

Proyecto a evaluar: _____				
Nombre: _____		Fecha: _____		
<i>Instrucciones:</i> Por favor, marca con una "x" la calificación que otorgarías (siendo 4 Excelente y 1 Deficiente) al siguiente listado de aspectos que se relacionan con la calidad de la exposición del taller que acabas de recibir.				
Aspecto a evaluar	4	3	2	1
Los expositores demuestran conocimiento de los temas que explican				
Entendí para qué se usa el sistema.				
Entendí cómo se usa el sistema.				
¿El sistema resuelve una necesidad que tengo?				
¿Estoy dispuesto a usar el sistema propuesto?				

Comentarios:
