



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIAPAS**  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
CAMPUS I



## **Evaluación Técnica de Fogón Ecológico para Comunidades Rurales**

TESIS

Que para obtener el grado de Maestro en  
Ingeniería con formación en construcción

PRESENTA

Martín Osiel Constantino Díaz C011024

DIRECTOR DE TESIS

Dr. Humberto Miguel Sansebastián García

TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIAPAS; ABRIL DE 2024



Tuxtla Gutiérrez, Chiapas  
15 de abril del 2024  
Oficio No. F.I.01.675/2024

**C. MARTÍN OSIEL CONSTANTINO DÍAZ**  
**EGRESADO**  
**MAESTRÍA EN INGENIERÍA CON FORMACIÓN EN CONSTRUCCIÓN**  
**PRESENTE.**

Con base en el Reglamento de Evaluación Profesional para los egresados de la Universidad Autónoma de Chiapas, y habiéndose cumplido con las disposiciones en cuanto a la aprobación por parte de los integrantes del jurado en el contenido de su Tesis Titulada:

**"EVALUACIÓN TÉCNICA DE FOGÓN ECOLÓGICO PARA COMUNIDADES RURALES".**

**CERTIFICO el VOTO APROBATORIO** emitido por este jurado, y autorizo la entrega de tesis digital elaborada a través del Programa Institucional para la Obtención del Grado Académico (PIGA), para que sea sustentado en su Examen de grado de Maestro en Ingeniería con Formación en Construcción.

Sin otro particular, reciba un cordial saludo.

**ATENTAMENTE**  
**"POR LA CONCIENCIA DE LA NECESIDAD DE SERVIR"**

**DR. OMAR ANTONIO DE LA CRUZ COURTOIS**  
**DIRECTOR**



Ccp. Dr. Humberto Miguel Sansebastián García. Coordinador de Investigación y Posgrado. Facultad de Ingeniería, Campus I. UNACH.  
Archivo/minutario  
OACCHMSG/tpg\*





Código: FO-113-05-05

Revisión: 0

### CARTA DE AUTORIZACIÓN PARA LA PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DE LA TESIS DE TÍTULO Y/O GRADO.

El (la) suscrito (a) Martín Osiel Constantino Díaz, Autor (a) de la tesis bajo el título de "Evaluación Técnica de Fogón Ecológico para Comunidades Rurales" presentada y aprobada en el año 2024 como requisito para obtener el título o grado de maestro en Ingeniería, autorizo licencia a la Dirección del Sistema de Bibliotecas Universidad Autónoma de Chiapas (SIBI-UNACH), para que realice la difusión de la creación intelectual mencionada, con fines académicos para su consulta, reproducción parcial y/o total, citando la fuente, que contribuya a la divulgación del conocimiento humanístico, científico, tecnológico y de innovación que se produce en la Universidad, mediante la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

- Consulta del trabajo de título o de grado a través de la Biblioteca Digital de Tesis (BIDITE) del Sistema de Bibliotecas de la Universidad Autónoma de Chiapas (SIBI-UNACH) que incluye tesis de pregrado de todos los programas educativos de la Universidad, así como de los posgrados no registrados ni reconocidos en el Programa Nacional de Posgrados de Calidad del CONACYT.
- En el caso de tratarse de tesis de maestría y/o doctorado de programas educativos que sí se encuentren registrados y reconocidos en el Programa Nacional de Posgrados de Calidad (PNPC) del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), podrán consultarse en el Repositorio Institucional de la Universidad Autónoma de Chiapas (RIUNACH).

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas; a los 16 días del mes de Abril del año 2024.

Martín Osiel Constantino Díaz  
Nombre y firma del Tesista o Tesistas

## AGRADECIMIENTOS

A mi familia:

Porque aún con las desavenencias que hemos pasado en el transcurso del desarrollo del presente trabajo de investigación, he contado con su apoyo incondicional, esencial en cualquier emprendimiento.

A mis maestros;

A todos y cada uno de ellos: Dr. Humberto Sansebastián García, Dra. Patricia Elke Rodríguez Schaeffer, Dr. Jesús Alejandro Cabrera Madrid; a los Monitores, Dra. Claudia Olivia Ichin Gómez, Dr. Carlos Ignacio López Bravo, al laboralista Mtro. Oscar Martínez Aguirre, quienes intervinieron en la realización de este trabajo, porque sin su asesoría, no hubiese logrado el objetivo de culminar el presente nivel de progreso en mi educación, sintiendo su apoyo incondicional y su motivación en concluir y continuar al siguiente nivel, como lo es una especialidad o un doctorado.

Al universo;

Por haber influido en la conjunción de los eslabones que me tienen en este preciso momento, con la interacción de cada uno de ellos, que intervinieron en este trabajo de investigación.

## DEDICATORIA

Dedico este trabajo de investigación a mi familia, a todos y cada uno de ellos, como un estandarte de apoyo emocional, sintiendo en cada paso de mi vida este sostén incondicional, sabiendo que en futuros emprendimientos estarán presentes, tal como de mi parte pueden lo pueden encontrar. A todos y cada una de las personas, quienes se tomaron el tiempo para leer, observar y ordenar el presente trabajo, con un gran compromiso, motivo de exaltar y esperando que este esfuerzo, sirva para aportar conocimiento a futuros autores, para que este trabajo funja de eslabón a trabajos futuros y que genere condiciones de bienestar a las personas usuarias haciendo más fácil su día a día.

## Índice General

<b>Introducción.....</b>	<b>10</b>
<b>Planteamiento del Problema.....</b>	<b>13</b>
<b>Justificación.....</b>	<b>13</b>
<b>Objetivo General.....</b>	<b>14</b>
<b>Objetivos Específicos.....</b>	<b>14</b>
<b>Hipótesis.....</b>	<b>15</b>
<b>Antecedentes .....</b>	<b>15</b>
<b>Marco Teórico.....</b>	<b>22</b>
<b>Estado del Arte.....</b>	<b>22</b>
<b>Estufas mejoradas. ....</b>	<b>22</b>
Proceso de transformación de combustible.....	25
Fogón.....	26
Biocombustible. ....	28
Combustión.....	29
<b>Propiedad intelectual.....</b>	<b>32</b>
Patentes.....	32
Reivindicaciones.....	33
<b>Eficiencia Global de Equipos (OEE).....</b>	<b>33</b>
Eficiencia Global de Estufas Ecológicas (EGEC).....	34
<b>Cámara de combustión aeroespacial. ....</b>	<b>34</b>
Tobera.....	35
Combustión de tobera.....	35
Gas propelente. ....	36
<b>Eco-diseño.....</b>	<b>37</b>
<b>Protocolo de Prueba de Ebullición de Agua (WBT). ....</b>	<b>38</b>
<b>Metodología.....</b>	<b>43</b>
<b>Programación de actividades.....</b>	<b>43</b>
<b>Diseño del Fogón Ecológico.....</b>	<b>45</b>
<b>Prototipo del fogón ecológico.....</b>	<b>45</b>
<b>Trazo sustentable y eco-diseño del Fogón Ecológico. ....</b>	<b>49</b>
<b>Desarrollo experimental del Protocolo de Prueba de Ebullición de Agua (WBT). ....</b>	<b>58</b>
Prueba de emisión Intramuros (PEI) .....	59
Aplicación del protocolo WBT.....	60
Fase I Inicio Frío, Alta Potencia.....	62
Fase II. Inicio Caliente .....	68
Fase III. Baja Potencia, Hervir A Fuego Lento .....	72
<b>Dispositivos para la evaluación de las estufas ecológicas. ....</b>	<b>76</b>
<b>Pruebas y resultados.....</b>	<b>80</b>
<b>Análisis termo gráficos del Fogón Ecológico. ....</b>	<b>82</b>
<b>Análisis de eficiencia con la Prueba de Ebullición de Agua.....</b>	<b>84</b>
<b>Análisis de emisiones de CO y CO2.....</b>	<b>86</b>
<b>Conclusiones .....</b>	<b>89</b>
<b>Referencias.....</b>	<b>93</b>

**índice de Tablas**

Tabla 1. Comparativa CATIE ( CATIE, 1994, p. 14). ..... 20  
Tabla 2. Programa de actividades ..... 44  
Tabla 3. Calculo Financiero del fogón ecológico. .... 52  
Tabla 4. Recolección de datos WBT (IIIER-UNICACH, 2023). ..... 59  
Tabla 5. Recolección de datos PEI (IIIER-UNICACH, 2023). ..... 60  
Tabla 6. Resumen de WBT (solarcookers, 2014). ..... 61  
Tabla 7. Resultados de la prueba WBT aplicado al fogón ecológico. .... 84  
Tabla 8. Comparativa de resultados de pruebas WBT. .... 85  
Tabla 9. Comparativa de resultados de emisiones durante pruebas WBT ..... 88

**índice de Figuras**

Figura 1. Fogón de uso común. .... 27  
Figura 2. Triángulo de la combustión (García, 2001, p.3). ..... 30  
Figura 3. Cuatro factores en una combustión eficiente. .... 31  
Figura 4. Vista en corte de cámara de combustión Aeroespacial (vertasium, 2022). ..... 36  
Figura 5. Enfriamiento regenerativo (vertasium, 2022). .... 37  
Figura 6. Tubos de Cámara de combustión aeroespacial (vertasium, 2020). ..... 49  
Figura 7. Trazo sustentable en material laminar. .... 51  
Figura 8. Material laminar. .... 53  
Figura 9. Construcción del fogón Ecológico. .... 54  
Figura 10. Soportes (patas) desmontables-ensamblables. .... 55  
Figura 11. Base y elemento superior del tambor de cámara de combustión. .... 56  
Figura 12. Vista de cámara que conforman al fogón ecológico. .... 57  
Figura 13. Vista del recubrimiento de cámara anti-radiación de calor. .... 57  
Figura 14. Componentes internos refractarios de la cámara de combustión. .... 58  
Figura 15. Laboratorio de Energías Renovables. .... 76  
Figura 16. Peso de la cámara de combustión. .... 80  
Figura 17. Peso de los elementos refractarios para la cámara de combustión. .... 81  
Figura 18. Peso de elementos de soporte (patas). .... 82  
Figura 19. Temperatura del centro del comal. .... 83  
Figura 20. Niveles de monóxido de carbono (CO), emitidos por el fogón ecológico. .... 87  
Figura 21. Niveles Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>), emitidos por el fogón ecológico. .... 87

## **Evaluación Técnica de Fogón Ecológico para Comunidades Rurales.**

### **Resumen.**

El presente estudio de evaluación técnica de fogón ecólogo para comunidades rurales, busca dotar de soporte científico a un elemento de cocción de alimentos para este tipo de comunidades, siendo que, en un mundo cada vez más globalizado, no podemos ser indiferentes ante las necesidades de estos grupos vulnerables, como los encontrados en gran parte de nuestro Estado de Chiapas y múltiples regiones de nuestro País, México. La Universidad Autónoma de Chiapas, comprometida con la responsabilidad social, apoyó el desarrollo tecnológico de sistemas energéticos, como es el caso del prototipo de un fogón ecológico, motivo de este estudio, para cubrir las necesidades básicas, como la alimentación y la salud, que por años se han contemplado de manera parcial con la integración de elementos de cocción como estufas ecológicas a comunidades rurales, buscando el bienestar social de dichas comunidades, sin poder encontrar el diseño definitivo, hasta este momento, de un dispositivo de cocción que satisfaga una eficiencia global en beneficio de nuestra sociedad. En este sentido el fogón ecológico fue diseñado bajo el concepto simplificado de una cámara de combustión de una nave aeroespacial, considerando elementos fundamentales como; el flujo de aire entre la cámara de combustión y la cámara de aire, así como una estructura ligera, conceptualizada mediante el eco-diseño y el trazo sustentable, logrando con esta combinación de cámaras, la obtención de una patente (MX375561B) en el año 2020, patente obtenida después de demostrar ante el Instituto Mexicano de la Propiedad

Industrial (IMPI), la novedad, actividad inventiva y factibilidad industrial, sin embargo, dicha patente no validó la eficiencia del dispositivo, lo que motivó el presente estudio de evaluación técnica del fogón ecológico y descubrir en los resultados numéricos la eficiencia hipotética propuesta para el fogón ecológico. Por lo tanto, el presente estudio se fundamentó en la teoría de la combustión de triple factores, como son: **combustible, carburante y energía de activación**, conocida como el “triángulo de la combustión” y que hasta el momento ha fundamentado múltiples estudios referentes al diseño y desarrollo de dispositivos de cocción de alimentos, siendo que, el presente trabajo aportó a esta teoría un cuarto factor: el **medio de combustión**, estructurando la teoría de cuatro factores para llevar a cabo una “combustión eficiente”, motivando a integrar a este cuarto factor en estudios futuros referentes al diseño de instrumentos de cocción de alimentos, como lo son; las estufas ecológicas. Por lo anterior, este estudio abordó la aplicación de una evaluación técnica, basada en la prueba de ebullición de agua (PEA-WBT) y la Prueba de Emisiones Intramuros (PEI), del prototipo de un fogón ecológico desarrollado con el objetivo de evaluar la eficiencia del consumo de combustible, las emisiones de CO y las emisiones de CO<sub>2</sub> resultantes, contra otras de su especie, con una eficiencia global hipotética demostrada en los siguientes capítulos.

## **Introducción.**

La búsqueda de soluciones tecnológicas, prácticas y eficientes, se vuelven esenciales en la actualidad en el campo de las energías renovables, en específico al desarrollo de estufas ecológicas, así como un reto para la investigación y el desarrollo en ese rubro para alcanzar soluciones apropiadas en cuanto al diseño, construcción y los métodos de evaluación técnica, óptimos para alcanzar estándares cada vez mejores.

En este sentido, uno de los desafíos persistentes en muchas comunidades rurales, es el acceso a tecnologías de cocción de alimentos que mejoren la calidad de vida de sus habitantes, por lo tanto, la presente investigación se enfoca en la aplicación de una "Evaluación Técnica del Fogón Ecológico para comunidades rurales", fundamentando un elemento de cocción tipo estufa de biomasa eficiente, de patente propia número MX375561B, de título "FOGÓN ECOLÓGICO" (Constantino, 2020), obtenida el 20 de julio de 2020 en favor de la Universidad Autónoma de Chiapas (UNACH), verificada por el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (IMPI), una vez aprobando los examen de forma y fondo con la evaluación de novedad, actividad inventiva y factibilidad industrial.

Siendo que, en el año 2014 se solicitó dicha patente del "Fogón Ecológico", artefacto mejorado de cocción tipo estufas de biomasa para comunidades rurales, basando su diseño en la cámara de combustión de una tobera aeroespacial, único en su tipo, exaltando en su nombre lo ecológico por su consumo de combustible y su fabricación, así como, lo sustentable, tanto en lo ambiental, económico y enfocado a resolver la inaccesibilidad de una herramienta preponderante como lo es; un elemento

de cocción de alimentos para los grupos menos favorecidos, principalmente a comunidades rurales vulnerables que no tienen acceso a este tipo de herramientas seguras de cocción de alimentos o estufas basadas en la combustión controlada de gas LP, ya sea por lo inaccesible a las comunidades rurales o los elevados costos de adquisición y mantenimiento de estos elementos. Sin embargo, dicha patente no expresa la eficiencia en números contundentes, para lo cual es necesario la evaluación técnica de su eficiencia.

Es por esto que, con el actual trabajo se documentó la eficiencia global del fogón ecológico, motivo de este estudio, encontrando en el presente apartado la definición del problema; siendo este, que una patente no evalúa la eficiencia del dispositivo en cuestión, considerando preponderante realizar dicha evaluación ya que esta complementa los estudios de patente. Encontrando también, los objetivos de esta investigación: llevar a cabo la evaluación técnica pertinente, analizando y comparando el consumo de combustible, las emisiones de CO y las emisiones de CO<sub>2</sub> resultantes, datos obtenidos mediante la evaluación técnica del fogón ecológico con patente MX375561B, que teoriza la disminución de afectaciones a las personas usuarias, dado su extracción efectiva de humo. También se analiza la hipótesis; relativa a la propuesta de eficiencia global del funcionamiento de esta patente, fundamentada en los antecedentes que abarcan desde los comienzos de uso de tecnologías para la cocción, tal como; el fogón a cielo abierto, hasta las estufas ecológicas actuales de aplicación en el campo rural.

Por lo anterior, esta investigación aborda dichas preocupaciones, proponiendo un prototipo novedoso y su evaluación técnica mediante el siguiente capitulado:

En el capítulo uno encontramos el marco teórico, donde se integran la terminología, los conceptos e investigaciones previas adecuadas al tema de tecnologías evaluadas correspondientes a estufas ecológicas, de manera pertinente que permiten abordar la problemática de evaluación técnica de un prototipo basado en una patente, siendo que, las patentes no aplican dicha evolución técnica.

En el Capítulo dos, correspondiente a metodología, encontramos los elementos metodológicos que se llevaron a cabo en esta investigación, desde el diseño basado en el eco-diseño hasta la evaluación del fogón ecológico basada en la Prueba de Ebullición de Agua (PEA).

En el Capítulo tres se presentan los resultados y discusión, llevando a cabo el análisis de los datos obtenidos mediante la evaluación de un fogón ecológico patentado, que teoriza la disminución de afectaciones económicas, ambientales y de salud a las personas usuarias.

Puntualmente en este trabajo, se presenta la evaluación de un fogón ecológico o elemento para cocción de alimentos, de gasto controlado de biomasa que está conformado de tres componentes principales: una estructura ultra ligera, portable, desarmable, una cámara de combustión ajustable y una cámara de aire anti-radiación de calor. A continuación, se describe la problemática a tratar en la presente investigación.

### **Planteamiento del Problema.**

En el presente trabajo de tesis se ha llevado a cabo la evaluación técnica de un prototipo de Fogón Ecológico para comunidades rurales, con patente MX375561B, después de demostrar ante el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (IMPI): Novedad, actividad inventiva y factibilidad industrial; Patente desarrollada con innovaciones pertinentes para minimizar afectaciones de salud de las personas usuarias mediante la extracción efectiva de humo, así como elevar su eficiencia con su cámara de combustión.

Sin embargo, se detecta la problemática de que, una patente no evalúa la eficiencia del dispositivo en cuestión, es por ello, que en el presente trabajo se realizó la evaluación técnica del fogón ecológico para comunidades rurales, donde estudiamos la eficiencia del dispositivo, sentando un precedente para trabajos futuros, siendo que, una evaluación técnica complementa los estudios de patente.

### **Justificación.**

La presente investigación se enfoca en evaluar una eco-tecnología no convencional, referente a un Fogón Ecológico con patente otorgada, observando que, según el Índice de Desarrollo Humano (IDH, 2019), el IDH en Chiapas es de (0.664), encontrándose por debajo del promedio nacional (0.762) de nuestro país, siendo preocupantemente bajo y las carencias que esto conlleva, puntualmente; la falta de servicios básicos en las localidades más alejadas, como son: servicios de salud, educación, alimentación, desarrollo económico y social.

Por lo anterior, el propósito de este trabajo es comprobar la hipótesis de eficiencia de funcionamiento y caracterización de un prototipo de tipo fogón ecológico con patente

otorgada, concibiendo que dicha patente no evalúa el funcionamiento efectivo o demostrado de un invento, siendo que, la concesión por el IMPI se basa principalmente en los parámetros de novedad, actividad inventiva y la factibilidad industrial, preponderantes en el dictamen positivo. Por tanto, esta investigación no solo buscará validar la hipótesis planteada, sino además, ofrecerá una mirada comparativa y crítica entre diversos tipos de estufas ecológicas previamente caracterizadas y patentadas. En consecuencia, se espera con este trabajo contribuir no solo en la innovación tecnológica, sino también a la mejora de las condiciones de vida en las comunidades rurales de menor IDH, mediante la solución eficiente y sostenible para las necesidades de cocción en entornos de recursos limitados.

### **Objetivo General.**

Evaluar una eco-tecnología basada en un Fogón Ecológico, patente MX375561B, de combustión de biomasa que aprovecha de forma eficiente la energía calorífica generada por la combustión y la extracción efectiva de humo mediante su diseño innovador.

### **Objetivos Específicos.**

Analizar los datos obtenidos con la evaluación técnica del fogón ecológico para comunidades rurales, mediante el Protocolo de Prueba de Ebullición de Agua (PEA) ó (WBT) por sus siglas en inglés y la Prueba de Emisiones Intramuros (PEI) versión 4.2.3, que propone la *clean cook stoves*, 2014.

Comparar los resultados obtenidos de la evaluación técnica mediante el Protocolo de Prueba de Ebullición de Agua (WBT versión 4.2.3) y la Prueba de Emisiones Intramuros (PEI), con el fogón tradicional y estufas de la región.

## **Hipótesis.**

La eficiencia del fogón ecológico es determinada mediante su evaluación técnica alcanzando, por el nuevo diseño de su cámara de combustión y sistema de eliminación efectiva de humos, una eficiencia del 100 %, con una concentración de calor al centro del comal mediante su cámara anti proliferación de calor.

## **Antecedentes**

Partiendo del hecho hipotético de esta tesis como la eficiencia del uso de instrumentos de cocción de alimentos, se analiza en el presente apartado, la aparición de los procesos de cocción durante el desarrollo del hombre actual, como un elemento preponderante en el desarrollo de la sociedad.

El hombre de la prehistoria se nutría a base de frutos, tubérculos y raíces que recogía dentro de su entorno y cazaba con las pocas armas con que contaba, sin tener otra opción que la de la buena suerte; basaba su dieta básica alimentaria en los vegetales, caracoles, gusanos, cochinillas, lagartijas, ratones, ratas, pescados, crustáceos, todos ellos consumidos en crudo. (De Alva, 2019, p.11)

De Alva, nos expresa la necesidad primordial del hombre primitivo de obtener nutrientes de formas diversas, siendo que, hasta este punto, sin relatar la necesidad de contar con la aplicación de elementos de cocción.

Se observa la aparición del proceso de cocción de alimentos debidamente estructurados con la aparición del Pitecántropos, según la UNESCO, “durante un largo periodo de la historia sobrevinieron diversos tipos de humanos cada vez más evolucionados, mejorando su nutrición y procesos alimentarios, junto con sus industrias respectivas” (UNESCO, 1972, p. 14).

Los Pitecántropos utilizaban ya el fuego, al menos en China, y a ellos se les puede considerar autores de las industrias del periodo *abbevillense* y del antiguo Acheulense, sabemos poco de los hombres del Acheulense Medio y Superior, que debieron ser bastante variados, y, hace poco más o menos 100,000 años, aparecieron los hombres del tipo sapiens. (UNESCO, 1972, p. 14).

Se entiende que el homo sapiens ya dominaba el fuego de una manera aproximada a la de un fogón a cielo abierto, estructurado en piedras y que daba forma a lo que parecería un hogar, la UNESCO afirma que:

El hombre primitivo habitaba cabañas; “En efecto, podemos imaginar tiendas construidas con pieles de animales, chozas, tejadizos” (UNESCO, 1972, p. 17). Se entiende que en estas cabañas, el hombre primitivo debía contemplar su necesidades básicas de súper vivencia como el de alimentar a su grupo familiar.

Es en este momento cuando se detecta la aparición de un elemento de cocción, como lo indica el autor, “se han encontrado huellas de estacas destinadas a sostener el techo y círculos o rectángulos de piedras que constituyen cimientos muy rudimentarios, dentro de estas cabañas, o en sus proximidades, se encuentran los hogares, que a veces son simples lugares en los que se hacía el fuego y que ahora, en los restos, se señalan por la existencia de piedras quemadas y de cenizas” (UNESCO, 1972, p. 17).

Hasta ahora, el elemento de cocción es reconocido como fogón, según la Unesco, “El fuego calentaba los guijarros del fogón, las cenizas y las brasas eran barridas a continuación y, finalmente, sobre el pavimento limpio se colocaban los alimentos para ser cocinados. (UNESCO, 1972, p. 17).

Hasta aquí, se aborda el tema de la cocción de alimentos y puntualmente con el uso del fogón. Por lo que podemos leer en la revista de la UNESCO: “El fuego calentaba

los guijarros del fogón, las cenizas y las brasas eran barridas a continuación y, finalmente, sobre el pavimento limpio se colocaban los alimentos para ser cocinados” (UNESCO, 1972, p. 17). Además, afirma que;

Otros hogares aparecen llenos de piedras frecuentemente astilladas por el calor. Para estos hogares podemos Imaginar dos posibles usos: las piedras, colocadas en medio del fogón, acumulaban el calor y, una vez extinguido el fuego, seguían irradiándolo; o bien, una vez calientes, se las cogía con unas tenazas de madera y se las dejaba caer en un recipiente de cuero lleno de agua que entraba en ebullición y con la que se obtenía un caldo de carne. (UNESCO, 1972, p. 17)

Por tanto se observa que, la importancia del fuego en la humanidad es innegable; se han encontrado restos fogatas en hogares, puntualmente en *Chou-Kou-Tin* como lo asevera Cuatrecasas (1967, p. 2), diciendo que; “hasta el hombre más arcaico conocido hasta ahora (*Arqueantropus*) [...] [conocía] el fuego”, sin duda, el proceso de cocción de alimentos desarrollado por la humanidad es el punto disruptor el cual separa al hombre primitivo del hombre desarrollado.

Hoy sabemos que el *Sinantropus pekinensis* conocía el fuego. Los sedimentos de cenizas hallados en *Chou-Kou-Tin* lo demuestran, la paleontología nos descubre así que el hombre más arcaico conocido hasta ahora (*Arqueantropus*) era caníbal y hacia su fuego, así fue una defensa y una fijación del hogar, una poderosa fuerza aglutinante de la familia. (Cuatrecasas, 1967, p. 2)

Se destaca la participación de la mujer en ese hogar primitivo, marcando la pauta en la conservación del fuego y la tarea primordial de la cocción de alimentos. “El hombre indujo a la mujer a mantener el fuego y a desempeñar el papel primero de compañera;

sería también el primer alumbrado y la iniciación de las técnicas de cocción” (Cuatrecasas, 1967, p. 2). Siendo que, en la actualidad, la mujer en las comunidades rurales, funge como el eje rector del hogar, quien ordena y distribuye las funciones de dicho hogar, así mismo es quien tiene mayor contacto con elementos de cocción, tales como, las estufas o fogones ecológicos.

Hablando del fogón ecológico motivo de este estudio, éste toma el nombre de fogón puesto que, el fogón es un elemento ancestral para el hogar, de uso común y práctico para el hombre, como lo ostenta la revista de la UNESCO de 1972:

Dentro de estas cabañas, o en sus proximidades, se encuentran los hogares, que a veces son simples lugares en los que se hacía el fuego y que ahora, en los restos, se señalan por la existencia de piedras quemadas y de cenizas, otras veces los hogares están mejor contruidos: pequeños círculos de piedras, fogones pavimentados con guijarros que, probablemente, servían de cocina, el fuego calentaba los guijarros del fogón, las cenizas y las brasas eran barridas a continuación y, finalmente, sobre el pavimento limpio se colocaban los alimentos para ser cocinados de la revista. (UNESCO,1972, p. 17)

Por lo cual podemos aceptar, que el uso del fuego ha marcado nuestra civilización al grado de que el fogón se sigue utilizando de manera muy similar en las comunidades rurales de nuestro tiempo, tal como eran utilizados por el hombre primitivo, encontrando estudios actuales en nuestra región sobre el uso de estas tecnologías, así como lo son las estufas ecológicas descritos a continuación.

Por tanto, el desarrollo de estufas ecológicas en nuestro País se remonta a la década de los 50's según Colliins, partiendo de este hecho se han llevado diversos estudios y diseños para dar con la estufa ecológica perfecta. “En los últimos 30 años, el

enfoque de la comunidad internacional se ha desplazado gradualmente hacia contextos socioculturales en los que operan las estufas ecológicas” (Colliins, 2019, p 8).

México se ha sumado a esta cruzada por dar con la estufa ecológica más apropiada con el estudio y mejora de la estufa ecológica “Lorena”, “La difusión se ha concentrado en modificaciones al diseño [de esta estufa]”, diseño surgido en Guatemala, denominada así por los materiales utilizados para su elaboración: lodo y arena” (Colliins, 2019, p. 12). Sin embargo, son pocas o nulas las estufas ecológicas que reportan una eficiencia global alta; entiéndase por eficiencia global al hecho de que la estufa no únicamente deberá reportar una eficiencia térmica al cocinar alimentos de la manera más rápida, sino que, además de mostrar una eficiencia ambiental al optimizar el uso del material de fabricación de las estufas, también deberá tener una eficiencia económica y demostrar una eficiencia de extracción de humos, al presentar mayor control de extracción de elementos contaminantes de la cocina hacia el exterior, esto lo podemos observar en la siguiente tabla 1, referente al estudio comparativo entre la rapidez de cocción de alimentos de una estufa ahorradora contra el fogón tradicional a cielo abierto propuesta por el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), así como también, en este informe técnico se aprecia el análisis de la calidad del aire en la cocina, en donde se destaca la importancia del uso de chimeneas en las estufas ecológicas [de modo que] producen una gran ventaja en cuanto al fogón tradicional “el cual carece de este elemento, del cual todo el humo pasa directo a la cocina” (CATIE, 1994, p. 15).

**Tabla 1.**

*Comparativa CATIE* ( CATIE, 1994, p. 14).

	Honduras (n=7)	Nicaragua (n=22)	El Salvador (n=20)	Promedio n=49
Tiempo para cocción de alimentos (horas/semana)				
Fogón tradicional	35,9 (4,5)	42,7 (11,6)	38,2 (7,2)	38,9 (8,4)
Estufa ahorradora	29,8 (3,2)	30,1 (10,6)	27,6 (5,3)	28,7 (6,7)
Ahorro de tiempo				
-semanal (horas)	6,1 (2,5)	12,6 (7,8)	10,6 (4,8)	10,2 (5,8)
-Anual (jornales)	39,8 (16,1)	81,9 (50,5)	68,9 (31,5)	66,2 (37,4)
-Porcentual	16,9	29,5	27,7	26,2

*Nota:* Diferencia en tiempo de cocción de alimentos entre el fogón tradicional y la estufa ahorradora, por modelo usado en cada país.

Como entorno actual tenemos que, es difícil el acceso a servicios básicos en las comunidades rurales de nuestro País, puntualmente de nuestro Estado de Chiapas, esto de acuerdo con los criterios propuestos por el Consejo Nacional de Evaluación (CONEVAL) de la Política de Desarrollo Social, “se considera como población en situación de carencia por servicios básicos en la vivienda a las personas que residan en viviendas que presenten, al menos, una de las siguientes características: 1) Mal suministro de agua para consumo, 2) no cuentan con servicio de drenaje, 3) no disponen de energía eléctrica, 4) el combustible que se usa para cocinar o calentar los alimentos es leña o carbón sin chimenea”. (CONEVAL, 2014)

Dichas características no únicamente reflejan un bajo Índice de Desarrollo Humano (IDH), afectando la calidad de vida de las personas usuarias de estas regiones rurales,

sino que además están afectando directamente a su salud, y que para efectos de esta investigación, se plantea la atención específica en el punto 4, el cual, al ser quien acarrea problemas de salud en las vías respiratorias y la deforestación, debido al uso indiscriminado de leña por el tipo de sistemas de cocción de alimentos que se manejan.

Recientemente, se ha buscado dar solución a dichas carencias, puntualmente, en el estado de Chiapas, el Instituto de Energías Renovables (IIER) de la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas (UNICACH) se ha dado a la tarea de desarrollar y estudiar desde 2012 las estufas ecológicas con variaciones de la estufa “Lorena” tales como: La estufa “*lekil baj*” y la estufa “*enerchia*”, de las cuales podemos encontrar datos extraídos de evaluaciones previas llevadas a cabo por dicha institución, y que se tomaron para realizar la comparativa de eficiencias, las cuales verificaremos en capítulos más adelante.

Es importante referirnos a la cantidad de población que puede resultar beneficiada con el desarrollo de tecnologías de cocción de alimentos, tales como el fogón ecológico.

Según el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), “para el primer trimestre de 2023, el volumen de la población que residía en el país era de 129 millones, 52 % correspondió a mujeres y 48 % a hombres”.(INEGI, 2023). Este creciente número en la población es un indicador fundamental de las necesidades que pueden presentarse para el mismo, tales como: transporte, educación y sobre todo servicios básicos; salud, alimentación, esparcimiento.

“A nivel nacional 79 % de la población vive en localidades urbanas y el 21 % en rurales, hay 185,243 localidades rurales y 4,189 urbanas” (INEGI, 2020).

Con lo anterior, se busca que se perciba, de manera clara, que esta investigación comprende; la evaluación técnica de la eficiencia global de un prototipo de tipo fogón ecológico para comunidades rurales, con patente vigente, siendo que una patente no evalúa dicha eficiencia y que puede representar una solución para las personas usuarias de nuestro país.

### **Marco Teórico.**

En el presente capítulo se abordan conceptos, fundamentos físicos y teóricos que soportan éste escrito, los cuales sentarán las bases para el desarrollo del presente trabajo. Específicamente se presenta la teoría relacionada con los procesos de mejora en la combustión que realizan las estufas ecológicas, desde el estado del arte, el diseño y la evaluación de una tecnología patentada basada en un elemento de cocción de alimentos de tipo Fogón Ecológico.

### **Estado del Arte.**

Partiendo del hecho hipotético de esta tesis: la elevada eficiencia del fogón ecológico como instrumento de cocción de alimentos mejorado por su cámara de combustión, demostrada con su evaluación. En el presente trabajo, primeramente, se analizan las estufas mejoradas; como éstas son evaluadas y el protocolo que se utiliza para evaluar el fogón ecológico. Seguido del análisis de los procesos de transformación de combustible mediante el fogón, el biocombustible y la combustión.

### **Estufas mejoradas.**

Debido a que, para esta investigación se propone una estufa mejorada en forma de fogón, que busca una combustión ampliamente eficiente de consumo de biocombustible, de acuerdo con la Universidad Autónoma de México (UNAM), la cual afirma que:

Las estufas mejoradas son dispositivos que aprovechan el calor liberado por la combustión de la leña para la cocción de alimentos, son la alternativa al fogón tradicional ampliamente utilizado en zonas rurales para la cocción de alimentos, calefacción y calentamiento de agua, su uso conlleva beneficios como la disminución en el consumo de leña, reducción de la deforestación y mitigación gases de efecto invernadero (GEI), el ahorro de tiempo y dinero, así como la reducción en la incidencia de enfermedades respiratorias debido a que el humo es expulsado de la vivienda a través de la chimenea. (IIES, 2023)

Actualmente, podemos encontrar numerosas estufas ecológicas mejoradas y sobre todo en nuestra región, Chiapas, como son: la estufa Lorena, la estufa *Patzari*, la estufa *O'nil*, le estufa *enerchia*, entre otras, así como autores que han estudiado y comparado su desempeño tal como Martínez (2016), proponiendo en su tesis de maestría, "Desarrollo de un laboratorio y una metodología para la evaluación de estufas ecológicas" la evaluación de eficiencia de estas estufas mejoradas y la comparación entre ellas, presentando en sus conclusiones que "con los resultados obtenidos hemos constatado que no hay una mejor estufa que otra, sino que la mejor estufa es la que más se adapta a las necesidades de determinada comunidad o determina región" (Martínez, 2016, p. 95), sin embargo, se descubren propiedades en las estufas mejoradas con respecto al fogón tradicionales a cielo abierto utilizado actualmente en muchos hogares de las comunidades rurales de nuestra región.

Dentro del estado del arte, referente a estufas mejoradas para la cocción de alimentos con registro de patentes podemos encontrar: El Modelo de estufa funcional, registrado con patente US20160370011A1, de Diseño Industrial con número de solicitud MX/f/2018/002179 IMPI con registro No. 57501.

En el Registro de Diseño Industrial No. 57501 de título “Modelo Industrial De Fogón Ecológico Tipo Plancha”, se aprecia a un diseño superficial que se asemeja a la estufa *Patzari* sin describir un funcionamiento mejorado.

Con estos antecedentes del estado del arte tomamos el punto de partida para el desarrollo de la propuesta con las mejoras necesarias para lograr un nuevo dispositivo con características patentables como el fogón ecológico.

Es por lo anterior que, surge la necesidad de generar un elemento de cocción como el Fogón Ecológico con características patentadas que no solo resultan en mejoras estructurales, si no también estéticas, para la aceptación del producto en el mercado y una mejora en cuanto a la eliminación de gases contaminantes al interior de los hogares con la mayor eficiencia de combustión posible, temiendo la limitante de que dicha eficiencia no es cotejada por la patente otorgada; surge la necesidad de identificar el protocolo para la evaluación técnica que disipe las dudas y estandarice las comparativas entre elementos de cocción similares.

En este tenor se pueden encontrar protocolos de evaluación bien definidos para tal efecto, como lo es, la Prueba de Ebullición de Agua (PEA) o Water Boiling Test WBT por sus siglas en inglés, que desarrollaremos a detalle en este capítulo, propuesta por la *clean cook stoves* con su última versión en el año 2014; método para determinar el desempeño térmico y las características de las emisiones de las estufas mejoradas mediante la evaluación de la eficiencia de las mismas, buscando que se monitoree, registre y estime la cantidades de monóxido de carbono dentro de los hogares que un examen de patente no somete a validación, siendo motivo de este estudio el demostrar la eficiencia que genera el fogón ecológico en su procesos de transformación de combustible, descrito en el siguiente apartado.

### ***Proceso de transformación de combustible.***

El proceso que genera la transformación de combustible, para este estudio, es considerado fundamental, tanto por cada una de sus etapas, como por los elementos que lo integran; el combustible, el arrancador y el calor generado en el proceso, así como el elemento donde se genera la transformación del combustible en energía calorífica, por medio de la combustión, como lo es el fogón tradicional o el fogón ecológico.

Según Martínez (2016, p. 19) “La forma más tradicional de aprovechamiento energético, la combustión, es un proceso considerado carbono neutral, puesto que las emisiones del proceso son equilibradas con el CO<sub>2</sub> absorbido previamente por las plantas y árboles durante su crecimiento”

Un proceso de combustión más compleja y que ocuparemos en el presente trabajo de investigación, es el proceso de conversión termoquímica que, según Martínez, basado en la Secretaria de Medio Ambiente (SMA): “Este proceso utiliza calor como fuente de transformación de la biomasa para obtener subproductos con alto valor energético, como vapor y gases combustibles, comprenden básicamente la combustión, gasificación y pirolisis, encontrándose aún en etapa de desarrollo la licuefacción”, (Martínez, 2016, p. 20).

De estos procesos se ocupa la pirolisis como proceso para obtener carbón vegetal, gas pobre, gas rico, líquidos piroleñosos, según la SMA. A continuación, conceptualizaremos el medio más ocupado para llevar a cabo el proceso de pirolisis, como lo es el fogón.

## ***Fogón.***

Es importante conceptualizar al fogón, que como se ha descrito anteriormente en los antecedentes, es un elemento esencial para la humanidad y su desarrollo, mediante el cual se lleva a cabo el proceso de transformación del combustible mediante la combustión termoquímica de la pirolisis y que en el artículo “El Fogón Abierto de Tres Piedras en la Península de Yucatán: Tradición y Transferencia Tecnológica” de Quiroz y Cantú (2012), se describe que:

La leña se consume a través de un fogón abierto de tres piedras o uno tradicional en forma de U, la selección de las piedras y de las especies leñosas involucra un vasto conocimiento empírico y tradicional de los usuarios, quienes reconocen las características físicas de las piedras y químicas de la leña sin describirlas formalmente. (Quiroz y Cantú, 2012, p. 272)

Entendiendo que el fogón se contextualiza como la formación de tres piedras o elementos sólidos colocados, ya sea en el suelo o sobre una mesa pre fabricada con materiales de la región acumulado en una caja generalmente elaborada con tablas de madera como paredes y trozos del mismo material en sus vértices para formar las patas de dicha mesa, ver Figura 1, tres piedras donde se concentrará el fuego y sobre las cuales se colocaran los utensilios y los alimentos a cocinar.

Dicho fogón es utilizado como medio principal de cocción de alimentos en zonas rurales donde, en la actualidad, aun podemos encontrar una gran cantidad de comunidades que continúan con el uso recurrente de fogones tradicionales, puesto que resultan un elemento de fácil concepción para las personas usuarias, aunque sin tomar en cuenta su elevada ineficiencia, ver figura 1, dado que se carece de tecnologías de cocción de alimentos tales como estufas a gas LP.

Según las conclusiones en el estudio denominado: “Tecnologías Termosolares y Bioenergéticas y su Contribución al Desarrollo Sustentable de Comunidades Rurales Marginadas de Chiapas” (Farrera, 2011, p. 131), que de acuerdo con su diagnóstico completo de las necesidades prioritarias de los habitantes de la comunidad, se tiene que, la totalidad de viviendas encuestadas utilizan fogones a cielo abierto, con el consumo de 14 kilogramos de leña por día, con expediciones de gases contaminantes al espacio de operación del fogón a cielo abierto.

Entendiendo entonces que el fogón tradicional resulta y ha resultado una solución para las personas usuarias de comunidades rúales, pero que es necesario generar propuestas tecnológicas con diseños innovadores y su evaluación, como es el objeto de este estudio.

**Figura1.**

*Fogón de uso común.*



*Nota:* Fogón de uso común en la actualidad, en comunidades del Estado de Chiapas, Fotografía por Constantino (2023).

Otro elemento notable que se involucra en la cocción de alimentos en este tipo de tecnologías, los fogones o estufas, es el combustible utilizado en el proceso de combustión, que en este contexto se emplean biocombustibles y que a continuación conceptualizaremos.

### ***Biocombustible.***

Según la Real Academia Española De bio y combustible. 1. m. Combustible obtenido mediante el tratamiento físico o químico de materia vegetal o de residuos orgánicos. (RAE, 2023)

La *United Nations Publicaciones* (UNDP, 2017) indica que “entre un tercio y la mitad de la población mundial depende de los biocombustibles sólidos, como: madera, residuos de cosecha, carbón y estiércol para suplir la mayoría de sus necesidades energéticas”. Las personas usuarias de biocombustibles, en el caso del uso de los fogones tradicionales, se basan en la acción sencillas como colocar el biocombustible entre las tres piedras que conforman al fogón, para dar lugar a la combustión, aunque de manera incompleta e ineficiente. Actualmente, se pueden encontrar diseños de estufas ecológicas ya sean metálicas, de arcilla o la combinación de estas, que realizan de manera mas eficiente la combustión, las cuales conceptualizaremos más adelante en este capítulo.

Otro elemento fundamental en el proceso de cocción de los alimentos, ya sea de manera simple, como lo es en el caso del uso de fogones tradicionales, o más eficiente en elementos más estructurados es la combustión.

## **Combustión.**

La combustión es un elemento fundamental en nuestro objeto de estudio, dado que, se busca evaluar a un elemento de cocción de alimentos basado en una cámara de combustión mejorada, que se teoriza 100 % eficiente y que, por tanto, representa un aporte esencial en la presente investigación, así como en los procesos de transformación del combustible.

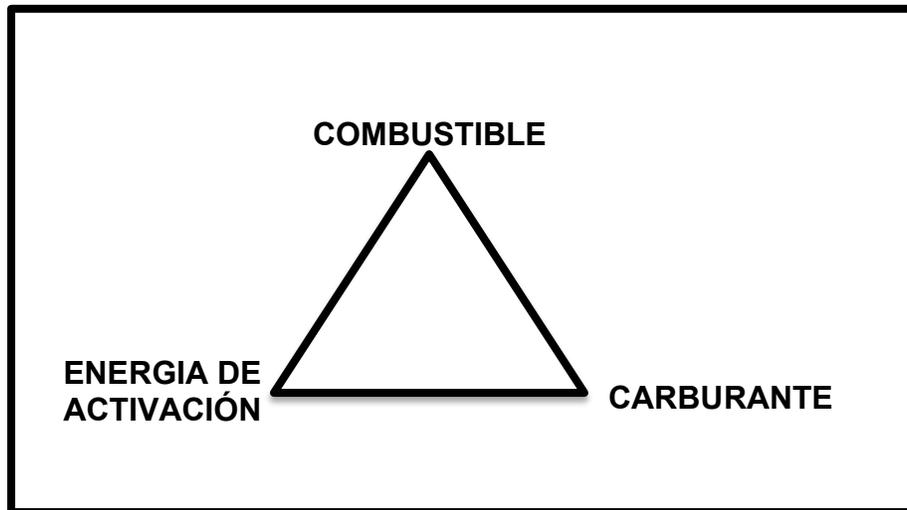
De acuerdo con la teoría de la combustión en el reporte técnico “Combustión y combustibles” publicado en el año 2001:

La combustión es un conjunto de reacciones de oxidación con desprendimiento de calor, que se producen entre dos elementos: el **COMBUSTIBLE**, que puede ser un sólido (Carbón, Madera, etc.), un líquido (Gasóleo, Fuel-Oíl, etc.) o un gas (Natural, Propano, etc.) y el **COMBURENTE**. Oxígeno. (García, 2001, p.3)

El autor describe tres factores esenciales para dar inicio al proceso de combustión, como son: **COMBUSTIBLE, COMBURANTE Y ENERGIA DE ACTIVACIÓN**, reconocido como el “triángulo de la combustión”, visto en la figura 2, y que para el caso de la combustión simple, del modo como se lleva a cabo en el uso de fogones tradicionales, no se requiere más que de estos tres factores. Siendo que, si buscamos estructurar una combustión más eficiente, debemos estudiar más factores alrededor de este triángulo de combustión, es por esto que, como parte del aporte a este estudio se propone considerar un cuarto factor, que para el objeto de estudio será indispensable; el **MEDIO DE COMBUSTIÓN**, visto en la figura 3.

## Figura 2.

*Triángulo de la combustión (García, 2001, p.3).*



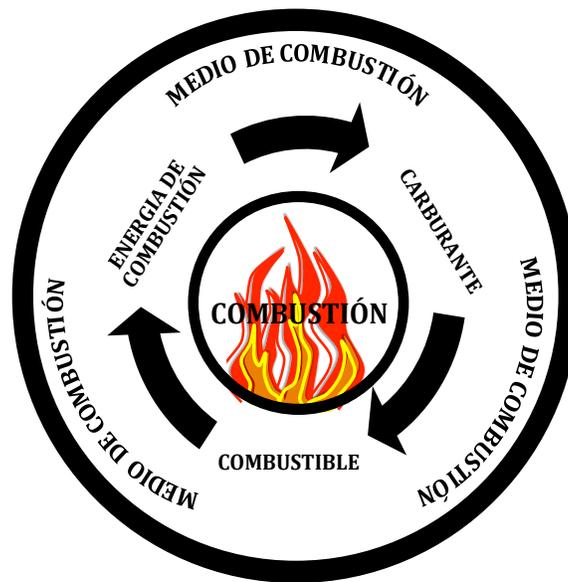
En este sentido se busca que; a la teoría del triángulo de la combustión propuesto por García, referente a los tres factores que propician a la combustión, agregar un cuarto factor, el **MEDIO DE COMBUSTIÓN** para complementar la triada, puesto que no es lo mismo llevar a cabo la combustión, por ejemplo, en un medio inapropiado como lo puede ser un medio húmedo, que llevar a cabo la combustión en un medio propicio, como lo es una cámara de combustión de diseño específico.

Siendo objeto de esta investigación, el estudio de una cámara de combustión tan especializada como la que se utiliza en una aeronave espacial y aplicarla a una cámara de combustión para una estufa o fogón ecológico de cocción de alimento, esto para elevar la eficiencia de dicho fogón ecológico mediante la mejora del proceso de combustión.

Por lo anterior y tomando de base el diagrama 2, a continuación, se describe el proceso de combustión con la interacción de cuatro factores.

### Figura 3.

*Cuatro factores en una combustión eficiente.*



*Nota:* Cuatro factores que intervienen en una combustión eficiente. Elaboración propia, Constantino (2023).

En la figura 3 se observa la disposición estratégica ahora de cuatro factores, según la propuesta teórica, para llevar a cabo una combustión eficiente, describiendo el proceso como sigue:

- Inicio de combustión con la **ENERGÍA DE COMBUSTIÓN**,
- Dispersión de la combustión por el **CARBURANTE**,
- Mantenimiento de la combustión por el **COMBUSTIBLE**, y
- Combustión eficiente y controlada por el **MEDIO DE COMBUSTIÓN**,

Siendo que, para esta investigación, es esencial que la combustión del fogón ecológico resulte 100% eficiente y controlada, en comparación con diversas estufas mejoradas, lo cual se logra con un buen **ELEMENTO DE COMBUSTIÓN**, como la cámara de combustión hipotética del fogón ecológico; aporte principal de esta tesis.

A continuación, se analiza el concepto de propiedad intelectual, siendo que para esta investigación, se debe manejar y comprender por lo menos el significado de patentes y reivindicaciones, dado que, dichos conceptos permiten entender la importancia que tiene un registro de este tipo.

### **Propiedad intelectual.**

La Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI) define a la Propiedad Intelectual (PI), como sigue:

“La propiedad intelectual (PI) se relaciona con las creaciones de la mente, como las invenciones, las obras literarias y artísticas, y los símbolos, nombres e imágenes utilizados en el comercio” (OMPI, 2023)<sup>1</sup>.

Puesto que, el fogón ecológico fue sometido al escrutinio de una solicitud de patente de invención, resultando esta una propiedad intelectual, en su nivel más alto como lo es un título de patente, es conveniente comprender los conceptos de patente y sus reivindicaciones como elementos de soporte de novedad, actividad inventiva y factibilidad industrial.

### ***Patentes.***

El registro de patentes se refiere al procedimiento de solicitud de una propiedad Intelectual (PI), atendida por el Instituto Mexicano de la Propiedad Intelectual (IMPI), en su modalidad de patente, cumpliendo diversos parámetros tales como: novedad, actividad inventiva y factibilidad industrial, respaldando las reivindicaciones de dicha patente; otorgando un derecho exclusivo, territorial y de tiempo definido a 20 años de explotación (IMPI, 2023)<sup>2</sup>.

---

<sup>1</sup> Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI)

<sup>2</sup> Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (IMPI)

Por lo anterior, el presente documento estudia la estructuración de una patente como elemento de protección de propiedad intelectual, sin embargo, entendiendo que una patente no evalúa la funcionalidad y eficiencia de un prototipo, resulta imperativo la aplicación de la evaluación del prototipo, basado en una patente, en este caso, analizar el prototipo de un fogón ecológico y soportar su eficiencia teórica.

### ***Reivindicaciones.***

Las reivindicaciones son las cláusulas contenidas en un documento de patente; dichas cláusulas contienen la esencia del escrito técnico, fundamentando y protegiendo la novedad, actividad inventiva y la factibilidad industrial del invento.

De acuerdo con el IMPI, “las reivindicaciones son las cláusulas contenidas en la patente, técnicamente descritas y que le otorgan en favor del inventor y su titular, los beneficios descritos anteriormente: exclusividad, territorialidad y temporalidad”. Sin embargo, es necesario comprender que dichas reivindicaciones no protegen las cualidades y por lo tanto la funcionalidad y eficiencia del prototipo, resultando imperativo la aplicación de evaluaciones rigurosas basadas en normas. La norma mexicana NMX-Q001-NORMEX-2018 de estufas que funcionan con leña; evaluación de funcionalidad, seguridad, durabilidad, eficiencia térmica y nivel de emisiones, (Normex, 2019), de donde se desprenden las especificaciones de prueba y requisitos mínimos que cumple el protocolo WBT aplicado al fogón ecológico, motivo de este estudio.

### **Eficiencia Global de Equipos (OEE)**

La eficiencia global de Equipos (OEE) “surge con el TPM (mantenimiento productivo total), e involucra a los equipos naturales de trabajo y a los equipos multifuncionales que se enfocan en la eliminación de pérdidas, con impacto en la eficiencia global de los procesos productivos con máquinas, Su objetivo es la total

utilización del sistema productivo, que integran operarios, máquinas y materiales, para responder a la demanda de los clientes” (Tornell M. 2024, p.1).

### ***Eficiencia Global de Estufas Ecológicas (EGEC)***

Con base en la teoría (OEE), se propone analizar la eficiencia global de una estufa ecológica, tal como el fogón ecológico, bajo la siguiente expresión propuesta: Eficiencia Global de Estufas Ecológicas (EGEC);

$$EGEC = (ET + EA + EEH + EE) \times 100$$

Entiéndase por EGEC, al hecho de que la estufa no únicamente deberá reportar una eficiencia térmica (ET) al cocinar alimentos de la manera más rápida, sino que además, demostrar una eficiencia ambiental (EA) al optimizar el uso del material de fabricación de las estufas, demostrar una eficiencia de extracción de humos (EEH), al presentar mayor control de extracción de elementos contaminantes de la cocina hacia el exterior, así como la Eficiencia Económica (EE).

### **Cámara de combustión aeroespacial.**

Debido a que el diseño del fogón ecológico está basado en la estructuración simplificada de la cámara de combustión de una nave aeroespacial, a continuación, se definen los conceptos que debemos conocer para su comprensión, tales como:

- Tobera.
- Combustión de tobera.
- Gas propelente.

Siendo que, estos conceptos participan en la combustión de una nave aeroespacial de una forma tan eficiente y compleja que permite que dicha cámara funcione a su máxima potencia sin que se destruya en el proceso, sin embargo, para el diseño de la cámara de combustión del fogón ecológico fue necesario el estudio y comprensión de dichos conceptos, tomando en consideración que la necesidad de la

cámara de combustión del fogón ecológico era menor en grado de complejidad a la cámara de combustión de una nave aeroespacial.

### ***Tobera.***

La importancia de comprender el concepto de una tobera de nave aeroespacial para esta investigación radica en que, el fogón ecológico está basado en su diseño de una manera innovadora. Por lo tanto, el sitio de astronomía [globalastronomia.com](http://globalastronomia.com), define a una tobera como; “una tobera es esa estructura con forma de campana y de la que sale fuego cuando los lanzadores despegan” (Méndez-Villamil, 2018), este es lugar donde podemos localizar la cámara de combustión de la nave aeroespacial y que, de acuerdo con el autor, tiene la función de “acelerar los gases que se producen al quemar el combustible para así poder conseguir una fuerza propulsiva o empuje mayor” (Méndez-Villamil, 2018), dejando claro que las toberas son el elemento principal para realizar el proceso de combustión para el despegue de la nave espacial.

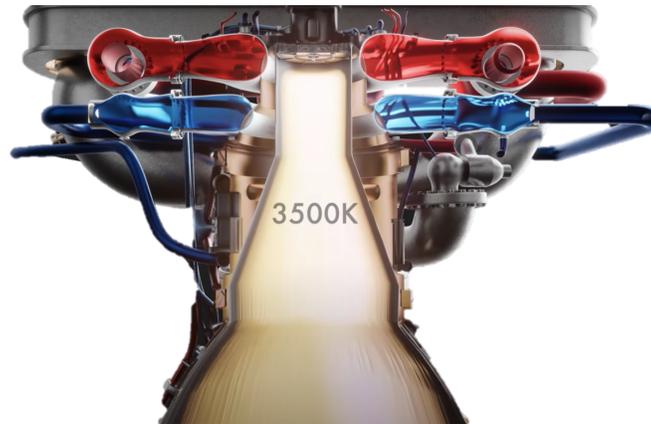
### ***Combustión de tobera.***

La cámara de combustión de una nave espacial, vista en la figura 4, debe soportar temperaturas extremadamente calientes de 3500 °k (vertasim, 2022), está compuesta por múltiples componentes para hacer funcionar a la tobera de una nave aeroespacial a estas elevadas temperaturas, sufriendo el menor daño posible, que es precisamente lo buscado que ocurra con la cámara de combustión del fogón ecológico.

El diseño estructural para la eficiencia energética del fogón ecológico, así como la versatilidad del mismo, están basados en el funcionamiento de una tobera y en específico del funcionamiento de la cámara de combustión de dicha tobera aeroespacial, siendo que, como vimos, esta cámara logra concentrar grandes cantidades de calor en ella sin sufrir daños, haciendo fluir gas propelente a traves del exterior de la cámara.

#### **Figura 4.**

*Vista en corte de cámara de combustión Aeroespacial (vertasium, 2022).*



#### **Gas propelente.**

Un componente fundamental dentro de la cámara de combustión de la tobera aeroespacial para lograr la proeza de soportar tan elevadas temperaturas y no prenderse en fuego por completo es el gas propelente y su mecanismo de distribución por toda la cámara.

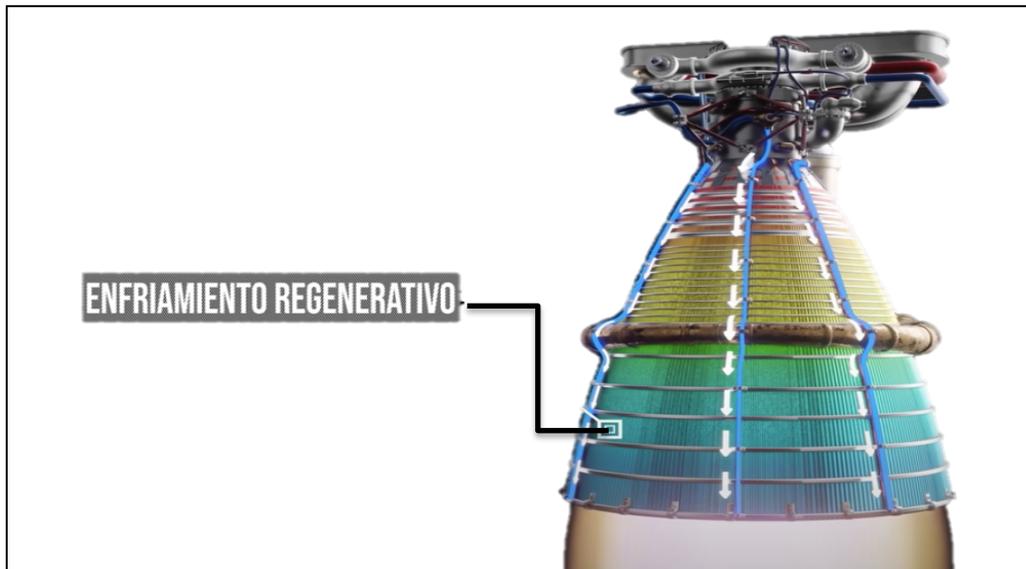
De acuerdo con *vertasium*, “el gas propelente es hidrogeno líquido a  $-250^{\circ}\text{k}$  hecho pasar a través de diversos tubos distribuidos a manera equidistante para enfriar una cámara de combustión de tobera aeronáutica” (2022), en la figura 5, obtenida del video científico de *vertasium*, canal de divulgación científica, se observa el funcionamiento del gas propelente siendo “inyectado” para enfriar la cámara de combustión.

Esta estructuración de dispersión de calor fue empleada en el diseño de la cámara de combustión del fogón ecológico patentado, limitando el número de los tubos propelentes dado que la energía calorífica controlada por estos, para el caso del fogón ecológico, es mucho menor que la requerida por una cámara de combustión

aeroespacial siendo alrededor de 400°C requeridos al centro del comal para cocción de alimentos y de 30°C en sus paredes laterales para evitar quemaduras al tacto.

### **Figura 5.**

*Enfriamiento regenerativo* (vertasium, 2022).



*Nota:* Funcionamiento del sistema de enfriamiento de la cámara de combustión de tobera aeronáutica.

### **Eco-diseño.**

Además del diseño estructurado para la eficiencia del funcionamiento de la cámara de combustión patentada del fogón ecológico, descrito en los apartados anteriores, el fogón ecológico se trabajó con un enfoque armónico, en cual los trazos, medidas y formas fuesen lo más eficiente posible, tanto para el ahorro económico del material, como para generar el menor desperdicio posible en cuanto al desarrollo del prototipo del fogón ecológico, lo cual es motivo de análisis mediante el concepto del eco-diseño que según la Universidad Fray Luca Paccioli (UFLP) el eco-diseño es:

Crear, asesorar, diseñar y gestionar proyectos de artículos y objetos, a través del modelo de sustentabilidad con la selección de materiales impactantes al

medio ambiente, estrategias de re-uso y análisis del ciclo de vida, donde el diseño debe satisfacer las necesidades humanas de funcionalidad y de estética, con la finalidad de dar soluciones innovadoras de eco diseño. (UFLP, 2020)

Lo anterior, pudiéndose leer en el objetivo que la UFLP describe para la licenciatura de diseño sustentable, sin embargo, yo agregaría:

- el uso y re-uso eficiente del material a utilizar, con el menor desperdicio posible -

Para con esto, contribuir no solo con el impacto ambiental del uso de los recursos disponibles, si no también, cuidar el uso efectivo de estos recursos.

Por lo anterior, resultará preponderante, en este trabajo de investigación, el comprobar mediante la metodología apropiada, la eficiencia del fogón ecológico no solo de su funcionamiento, si no también, de su eco-diseño funcional. Siendo esta metodología; Protocolo de Prueba de Ebullición de Agua (WBT).

### **Protocolo de Prueba de Ebullición de Agua (WBT).**

Para la evaluación correspondiente a la patente del fogón ecológico en su forma de prototipo, se aplicará la siguiente teoría:

Prueba de Ebullición de Agua, por sus siglas en inglés *Water Boiling Test (WBT)*, de *clean cookstoves*, la cual arroja parámetros sobre el desempeño térmico y las emisiones intramuros del objeto de estudio: fogón ecológico.

Principales variables a evaluar:

- Tiempo de ebullición: arroja el tiempo que le toma al líquido alcanzar los 96°C
- Consumo de combustible: arroja el total del consumo de combustible en gramos que le toma al fogón ecológico alcanzar el tiempo de ebullición.

- Masa de agua evaporada: arroja la cantidad de líquido evaporado en el tiempo de alcanzar la ebullición.

Los datos son procesados mediante esta teoría, obtenida del trabajo de tesis “Desarrollo de un laboratorio y una metodología para la evaluación de estufas ecológicas” de Martínez (2016):

El tiempo para llevar a ebullición 5 L de agua, ( $t_{eb}$ ) se calcula restando la hora de inicio y de fin de las fases de: inicio en frío de alta potencia (IFAP) e inicio en caliente de alta potencia (ICAP).

$$t_{eb} = t_{ff} - t_{if}; \text{ donde:}$$

$t_{eb}$  = Tiempo de ebullición (min).

$t_{ff}$  = Hora final (min).

$t_{if}$  = Hora inicial (min).

Masa de agua evaporada ( $m_{ev}$ ): Es la diferencia de peso del agua al inicio y al final de cada fase.

$$m_{ev} = m_{fo+a} - m_{ia+o}; \text{ donde:}$$

$m_{ev}$  = Masa de agua evaporada (g).

$m_{fo+a}$  = Masa final de la olla con agua (g).

$m_{ia+o}$  = Masa inicial de la olla con agua (g).

Masa de agua llevada al punto de ebullición ( $m_{eb}$ ): Es la diferencia de peso de la masa de agua evaporada y el peso inicial de agua antes de iniciar cada fase.

$$m_{eb} = m_{ai} - m_{a\ ev}; \text{ donde:}$$

$m_{eb}$  = Masa de agua llevada al punto de ebullición (g).

$m_{ai}$  = Masa final de la olla con agua (g).

$M_{a\ ev}$  = Masa inicial de la olla con agua (g).

Diferencia de temperatura del agua, la inicial y la de ebullición ( $\Delta T$ ):

$$\Delta T = \Delta f - \Delta i ; \text{ donde:}$$

$\Delta T$  = Diferencial de temperatura del agua ( $^{\circ}\text{C}$ ).

$\Delta f$  = Temperatura final (ebullición) ( $^{\circ}\text{C}$ )

$\Delta i$  = Temperatura inicial ( $^{\circ}\text{C}$ ).

Energía útil que otorga ( $E_0$ ): Energía útil transferida al agua.

$$E_0 = \left(4.18 \times 10^{-3} \frac{\text{MJ}}{\text{kg}^{\circ}\text{C}}\right) (\Delta T)(m_{eb}) + \left(2.257 \frac{\text{MJ}}{\text{kg}}\right)(m_{ev}) ; \text{ donde}$$

$E_0$  = Energía transferida.

$4.18 \times 10^{-3}$  = *Constante* de Energía necesaria para subir  $1^{\circ}\text{C}$  la temperatura del agua.

$\Delta T$  = Diferencial de temperatura del agua ( $^{\circ}\text{C}$ ).

$m_{eb}$  = Masa de agua llevada al punto de ebullición (g).

*Constante de calor latente* = Energía necesaria para llevar al agua de un estado líquido a un estado gaseoso.

$m_{ev}$  = Masa de agua evaporada (g)

Energía útil de entrada ( $E_e$ ): Energía útil total que se introdujo en la estufa.

$$E_e = (mL)(PCIL) ; \text{ donde:}$$

$E_e$  = Energía total

$mL$  = Masa de la leña (kg).

$PCIL$  = Poder Calorífico Interno de la leña.

La eficiencia térmica de la estufa ( $E_{ft}$ ): es el cociente de la energía útil otorgada a la olla con agua entre la energía total de entrada. Se calcula para las tres fases.

$$E_{ft} = \left( \frac{E_0}{E_e} \right) * 100 ; \text{ donde:}$$

$E_0$  = Energía útil otorgada (MJ).

$E_e$  = Energía total de entrada (MJ).

100= Constante

El combustible consumido ( $m_{comb}$ ): es la diferencia de peso del combustible al inicio y al final de cada fase.

$$m_{comb} = m_f - m_i ; \text{ donde:}$$

$m_{comb}$  = combustible consumido (Kg).

$m_f$  = Masa de combustible al final de la prueba (Kg).

$m_i$  = Masa de combustible al iniciar la prueba (Kg).

La tasa de combustión ( $\tau$ ): es el consumo promedio de combustible durante cada fase de la prueba.

$$T = \frac{m_{comb}}{T_{eb}} ; \text{ donde:}$$

T = tasa de combustión (Kg).

$m_{comb}$  = Masa de combustible consumido (Kg).

$T_{eb}$  = Tiempo en llegar al punto de ebullición (Kg).

La potencia de la estufa (Pt): es la energía de entrada por unidad de tiempo (Kw). Se calcula dividiendo la energía total de entrada entre el tiempo total de cada fase en segundos:

$$Pt = \frac{E_e}{(60)(T_{eb})} ; \text{ donde:}$$

$P_t$  = potencia de la estufa (Kw).

$E_e$  = Energía total de entrada (MJ). 60= Constante

$T_{eb}$  = Tiempo en que tarde en hervir el agua (min).

Los datos obtenidos en laboratorio, son recabados en la hoja de calculo en formato Excel, proporcionada por la *clean cook stoves*.

Finalmente, basados en toda la información analizada en este capítulo, la evaluación técnica del fogón ecológico para comunidades rurales, es la cumbre del trabajo de la investigación en su etapa de demostración de funcionalidad, pasando por; el diseño, la construcción y su evaluación técnica, desarrollado desde diversas teorías como son:

- **Teoría del eco-diseño**; definido por la Universidad Fray Luca Paccioli, fundamental en la concepción de diseños sustentables de procesos y/o productos.
- **Teoría de combustión eficiente por el medio de combustión**, Constantino (2023); como aporte principal de la investigación, basada en la teoría de la combustión de García (2001), motivando a incluir en el triángulo de la combustión, al medio de combustión, como un factor esencial en este proceso para incrementar su eficiencia.
- **Teoría para la evaluación de eficiencia**; aplicando el protocolo WBT de *cleancookstoves*.

Lo anterior ayudará a comprender la eficiencia del fogón ecológico tanto en su diseño y su funcionamiento, basado en su estudio de evaluación técnica correspondiente al Protocolo de Prueba de Ebullición de Agua (WBT versión 4.2.3).

(cleancookstoves, 2014), dando continuidad a los trabajos futuros de Martínez, mediante el “desarrollo de prototipos más eficientes” (2016, p. 96).

### **Metodología**

La presente tesis se llevó a cabo con un enfoque cualitativo para la evaluación de eficiencia del fogón ecológico, a través de la aplicación de un Protocolo de Prueba de Ebullición de Agua WBT versión 4.2.3 (cleancookstoves, 2014), después del proceso de diseño, construcción y evaluación del fogón ecológico, de acuerdo a la siguiente programación.

### **Programación de actividades**

En el programa de actividades para esta investigación, visto en la tabla 2, se presenta, en periodos de ejecución, en ocasiones, prolongados por años, como es el caso de la tramitación de patente del fogón ecológico, siendo este periodo el más complejo de resolver, dado que, estamos sometidos a escrutinio del IMPI, el cual cuenta con periodos desde dos hasta cinco años de escrutinio de una patente, esto según la Ley de Propiedad Industrial (LPI), contados a partir de la fecha de solicitud hasta la expedición del título de patente acreditando el examen de forma y novedad en sus tempos respectivos. Así como también, el caso de la construcción del prototipo, dado que conllevó a concentrar todos los recursos necesarios para su realización, como se aprecia en la tabla 1. Dichas actividades están descritas de la siguiente manera:

Se realizó la solicitud de patente y obtención de título en un período comprendido del año 2014 al año 2020; previo a la solicitud de patente se llevó a cabo el diseño del fogón ecológico, comprendiendo un periodo del año 2012 al año 2014; la construcción del fogón ecológico se llevó a cabo una vez obtenida la patente comprendiendo el período del año 2020 al año 2021, para esto, se cuantificó la cantidad de materiales necesarios

para la fabricación del prototipo de un fogón ecológico, estos costos de materiales fueron tomados de cotizaciones del año 2021, así que, se recomienda una actualización de costos para la concepción del costo actual de un fogón ecológico.

**Tabla 2 .**

*Programa de actividades*

ACTIVIDADES	PERÍODO				
SOLICITUD DE PATENTE.	2014				
DISEÑO DEL FOGÓN ECOLÓGICO.	2012-2014				
TÍTULO DE PATENTE	2020				
CONSTRUCCIÓN DEL FOGÓN ECOLÓGICO		2020-2021			
SECADO DE LENA.			DEL 01 AL 12 DE DICIEMBRE 2023		
EVALUACIÓN PROTOCOLO WBT.				12 AL 14 DE DICIEMBRE 2023	
CÁLCULOS RESULTADOS					15 AL 30 DE DICIEMBRE 2023

Como continuidad del trabajo de investigación, motivando el tema de esta tesis, se llevó a cabo la evaluación técnica del prototipo del fogón ecológico, programado en el mes de diciembre del 2023.

Las pruebas se llevaron a cabo en el laboratorio de Bioenergía ubicado en el Instituto de Investigación e Innovación de Energías Renovables (IIIER) de la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas (UNICACH) en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez Chiapas, Chiapas, siendo que se aplicaron 3 (tres) replicas con una desviación estándar del 10%, para un protocolo de 3 (tres) fases: Inicio frio, inicio

caliente, fuego lento.

### **Diseño del Fogón Ecológico.**

Para el desarrollo del presente trabajo de tesis, se realizó el diseño del fogón Ecológico utilizando programas CAD (*Computational Assistant Design*) tal como *Sketchup*, para la estructuración esquemática del diseño del fogón ecológico y sus partes, representando sus formas en dibujos 3D, siendo que estos dibujos y diseño fueron utilizados para la solicitud de patente del dispositivo, objeto de estudio, y que permitió la construcción de un prototipo adecuado para su evaluación en laboratorio, bajo la norma NMX-Q001-NORMEX-2018, de donde se desprenden las especificaciones de prueba y requisitos mínimos que cumplen el protocolo WBT, descrito en el capítulo anterior, aplicado al fogón ecológico.

El dispositivo Fogón Ecológico, según la patente MX375561B (Constantino, 2020), anteriormente citada, contará con tres partes preponderantes para su diseño funcional: una cámara de combustión, una cámara anti radiación de calor y una cámara de extracción efectiva de humo, los cuales conforman un fogón ecológico novedoso, con sus beneficios y propiedades para el buen funcionamiento, bajo la premisa fundamental de diseño; eficiencia, economía y sustentabilidad. Además, el prototipo contará con una estructura portable, un recubrimiento de protección térmica con cámara de aire anti-radiación de calor y una chimenea de extracción de humo.

### **Prototipo del fogón ecológico.**

Para llevar a cabo la construcción de un prototipo funcional del fogón ecológico y pueda ser sometido a evaluación técnica, será importante definir sus partes y sus materiales para su construcción, apegado al diseño de las partes que lo conformarán descritos en la patente (anexo 1), desde su concepción de cámaras con

fundamentos tecnológicos aeroespaciales, hasta sus componentes básicos de ensamble, tales como; tornillos, remaches, flejes y dobleces estratégicos. Por tanto, el fogón ecológico dispondrá para su construcción de:

a). - Una estructura portable, ultra ligera y desarmable. Para cumplir la premisa de este punto, se proponen materiales ligeros y restantes como: lámina galvanizada calibre 14, barrote de madera de pino 2 x 1 pulgadas, madera laminar tipo triplay de 3 mm y 6 mm, formáica. Este material laminar puede considerarse incluso material reciclado, dado que las únicas propiedades que se requieren en ella son: la planicidad, maleabilidad y resistencia. Dicho material laminar es el componente principal en el fogón de acuerdo con sus características descritas anteriormente, dando por sentado que cualquier tipo de material con dichas características y que cumpla con la funcionalidad podrá ser utilizado para tal efecto.

La estructura portable será desarmable gracias a las tres patas desmontables-ensamblables del fogón ecológico de material sólido y ligero tipo madera de pino 2 x 1 pulgadas, así como la base de refuerzo para soportes será de material sólido tipo triplay de 6mm, la cual rigidiza al fogón ecológico en su parte inferior, una vez ensamblado y que además fungirá de repisa para colocar insumos.

b). - Una cámara de combustión. Dicha cámara se construirá del mismo material laminar galvanizado calibre 14, conformando de dos elementos circulares de diámetro 0.70 m: el comal en su parte superior y un elemento circular del mismo diámetro en su parte inferior y un elemento rectangular altura de 0.22 m, que rodea a ambos elementos circulares para conformar un tambor, dejando una parte sin cubrir de 0.20 m para conformar la entrada de la cámara.

Internamente, dicha cámara de combustión, la conforman los materiales de tipo

refractario con dos paredes encontradas aislantes ubicadas a los laterales con 0.25 m de largo x 0.12 m de ancho, estos elementos se adaptan a la cámara de combustión circular mediante cortes efectuados en una de sus puntas así como un corte longitudinal aplanando una de sus esquinas longitudinales, así como también cuenta en su parte inferior tres elemento refractarios de 0.10 m de ancho x 0.18 m de largo para conformar su base aislante y concentrador de calor.

c). - Recubrimiento y protección térmica: Además se dotará al fogón ecológico con un recubrimiento y protección térmica como cámara de aire anti-radiación de calor. Dicho recubrimiento laminar podrá ser de materiales tipo: triplay, lámina galvanizada calibre 14, formáica; con la funcionalidad de envolver a la cámara de combustión, separado por elementos de perfil tubular cuadrado de 1 pulgada a modo de separadores, colocados equidistantes sobre el perímetro de dicha cámara, así como también, se colocará un anillo de material aislante como madera de triplay de 6 mm en su parte superior, conformando la cámara de aire anti-radiación de calor alrededor de la cámara de combustión del fogón ecológico.

Este recubrimiento y protección térmica permitirá pasar de temperaturas elevadas, de máxima concentración al centro del comal de la cámara de combustión, donde es requerido para la cocción de alimentos, a temperaturas mínimas en sus laterales con la simplicidad de hacer fluir aire a temperatura ambiente en el espacio entre la pared del tambor de la cámara de combustión y el recubrimiento o protección térmica separados por elementos separadores distribuidos equidistantes uno de otro, y evitar altas temperaturas en esos laterales.

El concepto de esta cámara anti radiación de calor, único en el ámbito de las estufas y fogones ecológicos en el mundo, bajo resguardo en las reivindicaciones de la

patente del fogón ecológico (pat. Num. MX375561B), (Constantino, 2020), está concebida bajo fundamentos tecnológicos aeroespaciales, basado en el funcionamiento de la cámara de combustión de una tobera de una nave aeroespacial, la cual debe soportar temperaturas súper altas ( 3500°k ) mediante la combustión de material propelente sin derretirse en el proceso, logrando esta proeza mediante el enfriamiento regenerativo, haciendo fluir hidrogeno líquido a -253°k por los laterales de la cámara de combustión de la tobera por medio de 1,080 tubos colocados uno lado de otro en la tobera de la cámara de combustión, esto según el canal de divulgación científica vertasium, 2020, como se observa en la figura 6.

Siendo que, para el caso del prototipado del fogón ecológico, no fue necesario la colocación de dicha cantidad de tubos, sino que, el diseño se optimizó con 6 separadores huecos de material PTR cuadrado de una pulgada, colocados equidistantes cumpliendo la misma función que los tubos de enfriamiento de la tobera de una nave aeroespacial; función de generar una cámara de flujo de aire entre la cámara de combustión del fogón ecológico, donde se propician las altas temperaturas y el material laminar que recubre dicha cámara e combustión. Logrando con lo anterior una innovación en cuanto al diseño estructural de una estufa ecológica, en este caso el fogón ecológico, motivo de este estudio, innovación reflejada en la obtención de patente antes mencionada.

## Figura 6.

*Tubos de Cámara de combustión aeroespacial (vertasium, 2020).*



*Nota:* Imagen tomada del video de divulgación científica “vertasium” donde se observa la distribución de los tubos de enfriamiento de cámara de combustión de una tobera de nave espacial.

### **Trazo sustentable y eco-diseño del Fogón Ecológico.**

Una vez teniendo el diseño de las partes que conforman al fogón ecológico, plasmado en *sketchup*, se aplicará el concepto de eco diseño, descrito en el marco teórico, siendo que el fogón ecológico fue concebido para poder lograr un diseño armonioso, desde sus trazos en el material laminar a utilizar, figura 7, hasta su funcionamiento eficiente, motivo de este estudio. De acuerdo con la teoría del eco-diseño propuesto por La Universidad Fray Luca Paccioli (UFLP), que propone el eco-diseño con la “finalidad de dar soluciones innovadoras” a los productos que se desarrollen y generen el menor impacto a nuestra sociedad. A continuación, se

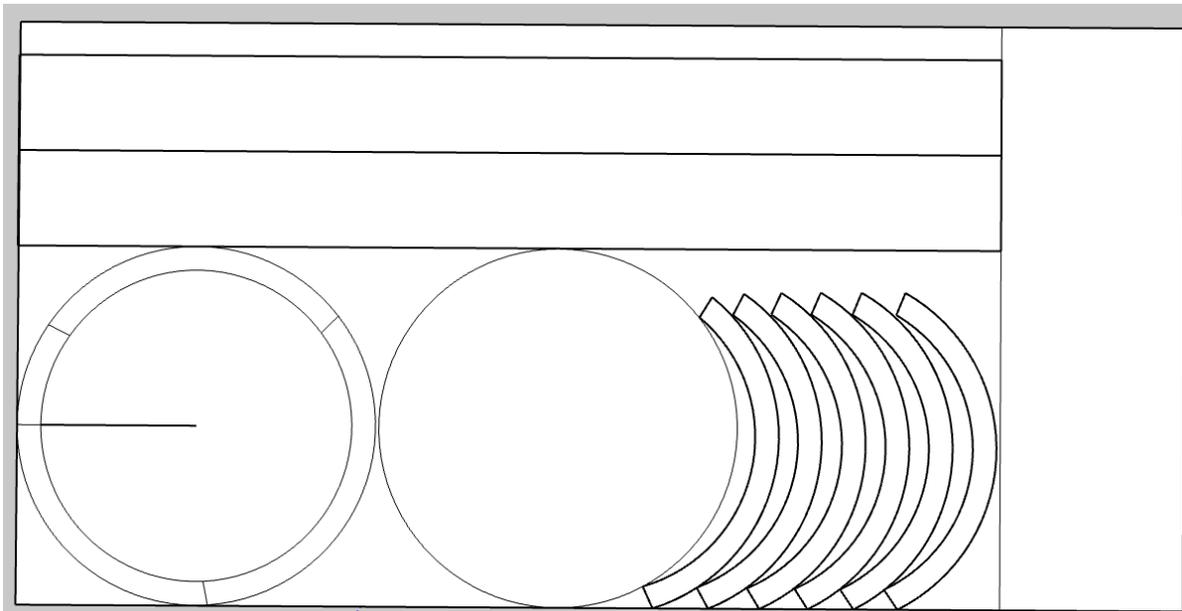
describe el eco-diseño aplicado al trazo del fogón ecológico:

- a) Trazo para corte de material laminar para cámara de combustión: De acuerdo a las medidas de la placa laminar galvanizada de 1 m X 2 m, se plantea la siguiente propuesta de trazo: viendo la placas en una vista superior, se dibujarán dos circunferencias de 0.73 m de diámetro, que fungirán como base y comal del tambor de la cámara de combustión, se trazará un rectángulo de 2 m X 0.19 m, que será el contorno del tambor que conforma la cámara de combustión, del recuadro lateral se obtendrán el resto de componentes pertenecientes a tres soportes de patas de 0.10 m X 0.09 m, una puerta de 0.30 m X 0.22 m, una protección de tubo de 0.20 m X 0.70 m y un rectángulo de 0.13 cm X 0.70 m que fungirá de tubo para gorro de chimenea.
- b) Trazo para corte de madera para cámara anti-radiación de calor: Tomando como referencia las dimensiones estándar de las placas laminares de tipo triplay de 2.44 m X 1.22 m X 0.003 m, en un área de 2.05 m X 1.22 m; se plantea trazar dos circunferencias con el centro en común; una circunferencia mayor de 0.75 m de diámetro y una circunferencia interior menor de 0.70 m, la cual conformará la repisa que además dotará de rigidez al fogón, cuyo perímetro de 0.05 m, formado entre las dos circunferencias, conformará la protección laminar superior que se montará en la cámara de combustión del fogón ecológico. En la parte lateral restante de la placa se trazarán elementos seis curvos que darán robustez a la protección laminar superior. En la parte superior restante de la placa se trazarán dos elementos rectangulares que servirán de

c) Trazo para corte de material laminar de recubrimiento: En este caso, el material propuesto será: formáica, madera ó lámina galvanizada, para este prototipo se usará la formáica, dado que, este material le provee a la cámara de una presentación más agradable, además de la protección anti-radiación de calor buscada por diseño estructural.

**Figura 7.**

*Trazo sustentable en material laminar.*



Consiguiendo, de esta manera, la mejor disposición de trazo sobre materiales laminares con el manejo del programa *sketchup* (Figura 7), repartiendo los cortes en un área comprendida entre 0.90 m de alto y 2.00 m de largo, con el mayor aprovechamiento del material disponible, logrando con esto una reducción de desperdicios, por lo tanto, una optimización de costos, ver tabla 3, en la producción del objeto de estudio, además, teniendo un aporte importante en cuanto a la ecología, debido el aprovechamiento efectivo del material y la reducción de desperdicios contaminantes; tomando por este concepto, el nombre de fogón

“ecológico”.

Para llevar a cabo la construcción del prototipo del fogón ecológico se realizó un presupuesto de los materiales que se utilizaron en esta construcción, visto en la tabla 1, dejando notar la importancia de la actualización de estos costo para llevar a cabo un prototipo a futuro.

**Tabla 3.**

*Calculo Financiero del fogón ecológico.*

CANT.	MATERIAL	COSTO
1.5 mtrs	LAMINA	\$ 500.00
8 pzs	MADERA	\$ 225.00
50 pzs	TORNILLOS	\$ 85.00
2 pzs	BLOKS	\$ 30.00
3 pzs	LADRILLO	\$ 35.00
6 pzs	SOPORTE	\$ 150.00
1pzs	TUB	\$ 90.00
1pzs	GORRO	\$ 45.00
1pzs	LAM ALUM	\$
3 pzs	SOPORTE 2	\$
0.5 lts	VARN/PINT	\$
1pzs	LIJAS	\$
0.25 ltrs	SOLVENTE	\$
6 pzs	TORNILLOS DE M	\$
0.5 lts	PEGAMENTO	\$
0.5 pzs	Agua	\$
	M.O.	\$
	TOTAL	\$ 2,369.00

Una vez llevado a cabo el diseño y los trazos por medios computacionales del fogón ecológico, bajo el estudio más apropiado para el aprovechamiento de los materiales a emplear a través del concepto del eco-diseño, y el calculo presupuestal, se llevó a cabo la construcción del prototipo a evaluar.

Para el caso de la construcción de los componentes principales como la cámara de combustión se utilizó un rollo de lámina galvanizada calibre 14, visto a continuación en la figura 8.

**Figura 8.**

*Material laminar.*



*Nota:* Vista del material laminar que conforma la estructura ultra ligera de fogón ecológico.

Para el caso de los materiales laminares para revestimiento, se utilizaron hojas o pliegos de triplay de 2.44 m X 1.22 m X 0.003 m y hojas o pliegos de formáica 2.44 m X 1.22 m, siendo que este tipo de material resulta, ligero económico y agradable para la persona usuaria, realizando el trazo, de acuerdo al eco-diseño de la manera siguiente, figura 9.

Como se observa a continuación, el resultado de ésta conjunción; entre eco-diseño y trazo, ha facilitado el desarrollo del prototipo, abonando al objetivo de evaluar una eco-tecnología basada en un Fogón Ecológico de diseño innovador.

## Figura 9.

*Construcción del fogón Ecológico.*



*Nota:* Trazo de los elementos del fogón ecológico en los materiales para su construcción.

La estructura portable es desarmable gracias a las tres soportes desmontables-ensamblables del fogón ecológico de material sólido y ligero de tipo madera con recubrimiento de formica, así como la base de refuerzo para soportes, la cual rigidiza al fogón ecológico una vez ensamblado y que además fungirá de repisa para colocar insumos. Vistos en la figura 10.

**Figura 10.**

*Soportes (patas) desmontables-ensamblables.*



*Nota:* Vista de las soportes desmontables-ensamblables de que conforma al fogón ecológico.

*Nota:* se observan tres elementos de soporte ensamblables al tambor del fogón ecológico para dotarlo de funcionalidad versátil.

Referente a la construcción de la cámara de combustión; dicha cámara se construyó del mismo material laminar galvanizado calibre 14, ver figura 11, confirmando por dos elementos circulares de diámetro 0.70 m; el comal en su parte superior con un elemento circular del mismo diámetro en su parte inferior haciendo la función de base, (figura 18) y una elemento rectangular altura de 0.22 m, que rodea y sujeta a por sus diámetros a ambos elementos circulares para conformar un tambor,

dejando una parte sin cubrir de 0.20 m para conformar la entrada de la cámara.

**Figura 11.**

*Base y elemento superior del tambor de cámara de combustión.*

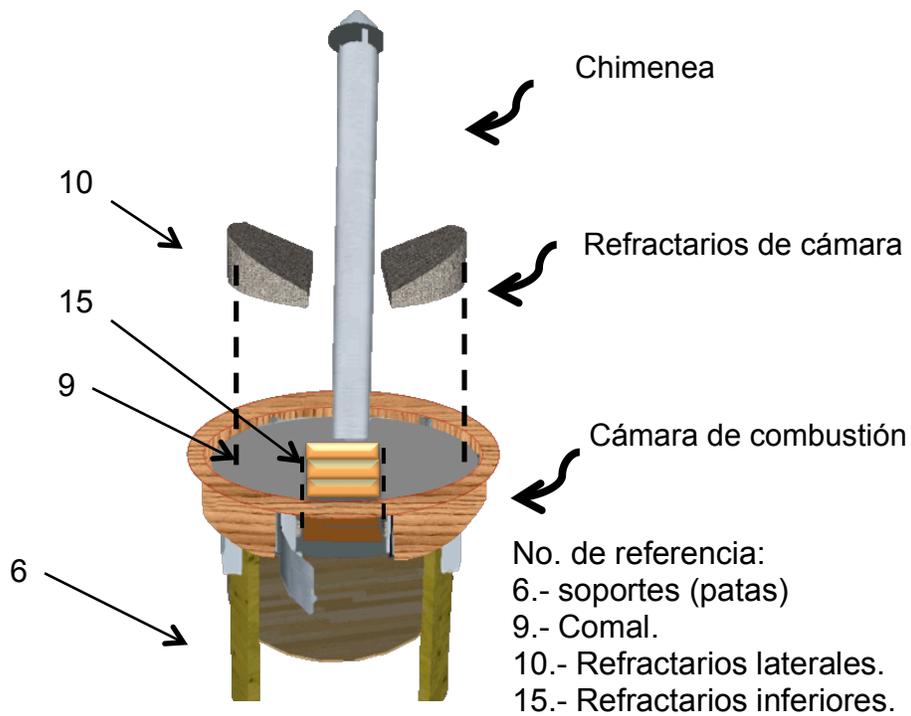


*Nota:* Vista de la conformación de la base y elemento superior del tambor de cámara de combustión, circular de material laminar que conforma al fogón ecológico.

Internamente, dicha cámara de combustión, la conforman los materiales de tipo refractario (10) con dos paredes encontradas frontalmente aislantes ubicadas a los laterales de la cámara de combustión construidos con 0.25 m de largo x 0.12 m de ancho, estos elementos se adaptan a la cámara de combustión circular mediante cortes efectuados en una de sus puntas, así como un corte longitudinal aplanando una de sus esquinas longitudinales, así como también cuenta en su parte inferior tres elemento refractarios (15) de 0.10 m de ancho x 0.18 m de largo para conformar su base aislante y concentrador de calor, vista en la figura 22. Dichos materiales refractarios son colocados dentro de la cámara de combustión, en la figuras 12 y 14 se aprecian externamente para su mejor apreciación.

**Figura 12.**

*Vista de cámara que conforman al fogón ecológico.*



El recubrimiento y protección térmica conforma la cámara de aire anti-radiación de calor, visto en la figura 13, se diseñó expresamente para contener la capacidad calorífica del fogón ecológico, concentrándose ésta capacidad calorífica en donde debe estar, al centro del comal de cocción.

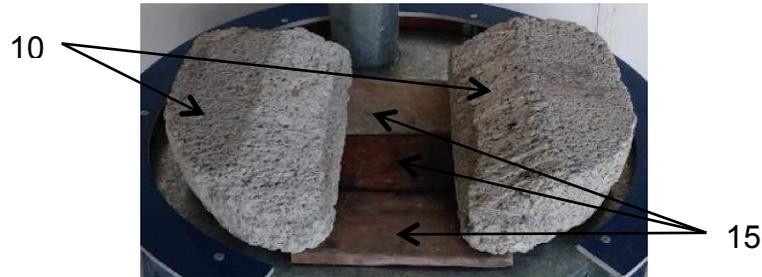
**Figura 13.**

*Vista del recubrimiento de cámara anti-radiación de calor.*



## Figura 14.

*Componentes internos refractarios de la cámara de combustión.*



Por lo anterior, se espera que el fogón ecológico, sea un punto de partida con su hegemonía innovadora en el eco diseño en nuestra región.

### **Desarrollo experimental del Protocolo de Prueba de Ebullición de Agua (WBT).**

Para llevar a cabo la evaluación técnica del fogón ecológico, se aplicó el Protocolo de Prueba de Ebullición de Agua (WBT), descrito detalladamente en el marco teórico, mediante la recolección de datos en laboratorio para su análisis de variables que complementarían los cálculos. Todos estos cálculos fueron contenidos, desarrollados y aplicados en el sistema propuesto por la clean cook stoves, mediante una serie de hojas de cálculo estandarizadas que nos arrojan los resultados para su análisis, vistos en la tabla 3.

**Tabla 4.**

*Recolección de datos WBT (IIIER-UNICACH, 2023).*

<b>Inicio Frio</b>										
Hora		Cantidad de combustible (g)	Temp. olla 1 (°C)	Temp. olla 2 (°C)	Temp. olla 3 (°C)	Peso olla 1+ agua (g)	Peso olla 2 + agua (g)	Peso olla 3 + agua (g)	Iniciador de fuego (g)	Peso charola + carbón (g)
Inicio										
Final										

<b>Inicio Caliente</b>										
Inicio										
Final										

<b>Fuego Lento</b>										
Inicio										
Final										

*Nota:* Captura de datos para las tres fases del protocolo WBT- Fuente: IIIER-UNICACH

### ***Prueba de emisión Intramuros (PEI)***

En la tabla 4 se pueden apreciar las principales variables a evaluar durante la prueba de emisión intramuros (PEI), tales como:

- Emisiones CO: evalúa el comportamiento de fogón en cuanto a las emisiones de CO en Partes por millón\*.
- Emisiones CO<sub>2</sub>: evalúa el comportamiento de fogón en cuanto a las emisiones de CO<sub>2</sub> en Partes por millón\*.
- Emisiones promedio para el PM<sub>2.0</sub>.

\*Dichas emisiones de CO y CO<sub>2</sub> son evaluados con parámetros permisibles por la OMS y la REHVA.

**Tabla 5.**

*Recolección de datos PEI (IIIER-UNICACH, 2023).*

<b>FORMATO PARA EL REGISTRO DE DATOS PRUEBA DE EMISIONES INTRAMUROS (PEI)</b>				
Hora del registro	Inicio en Frío de Alto Poder (IFAP)			
	Temperatura del Agua: Olla 1 (°C)	Concentración de CO <sub>2</sub> (PPM)	Concentración de CO (PPM)	Temperatura del comal (°C)

*Nota:* Datos para emisiones intramuros PEI del protocolo WBT

***Aplicación del protocolo WBT.***

Para la aplicación del protocolo WBT fue necesaria la recolección de los datos estudiados en laboratorio (IIIER-UNICACH), siendo que, la *clean cook stoves* facilita la formatearías estandarizada pertinente para el llenado en formato Excel, para poder llevar a cabo las comparativas necesarias de tiempo de cocción de 5 litros de agua, así como la emisión de gases tóxicos intramuros. A continuación, se presenta, en la tabla 5, el formato del protocolo de Prueba de Ebullición de Agua (WBT versión 4.2.3) aplicado al fogón ecológico (F.E.):

**Tabla 6.**

*Resumen de WBT (solarcookers, 2014).*

WATER BOILING TEST - VERSION 4.2.3		TEST #
All cells are linked to data worksheets, no entries are required		
Stove type/model		
Location		
Fuel description		
Wind conditions		
Ambient temperature		°C; °C; °C; °C; °C; °C; °C; °C

1. HIGH POWER TEST (COLD START)		units	Test 1	Test 2	Test 3	Test 4	Test 5	Test 6	Test 7	Test 8	Test 9	Test 10	Average	St Dev	COV
Time to boil Pot # 1	min	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Temp-corrected time to boil Pot # 1	min														
Burning rate	g/min														
Thermal efficiency	%														
Specific fuel consumption	g/liter														
Temp-corrected specific consumption	g/liter														
Temp-corrected specific energy cons.	kJ/liter														
Firepower	watts														

2. HIGH POWER TEST (HOT START)		units	Test 1	Test 2	Test 3	Test 4	Test 5	Test 6	Test 7	Test 8	Test 9	Test 10	Average	St Dev	COV
Time to boil Pot # 1	min	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Temp-corrected time to boil Pot # 1	min														
Burning rate	g/min														
Thermal efficiency	%														

*Nota:* Resumen de datos para las 3 fases del protocolo WBT.

A continuación, se presenta el protocolo para la aplicación de evaluación correspondiente a la patente del fogón ecológico en su forma de prototipo de un comal para una olla y salida de gases tipo chimenea son filtro adosado, para lo cual se aplicó el Protocolo de Prueba de Ebullición de Agua (WBT versión 4.2.3), (cleancookstoves, 2014), descrito en el marco teórico, descrito con la descripción de sus tres fases: Fase I de Inicio Frío - Alta Potencia, Fase II. Inicio Caliente y Fase III de Baja Potencia - Hervir A Fuego Lento, con aportación de imágenes propias para la comprensión de la ejecución del proceso.

**Fase I Inicio Frío, Alta Potencia**

FASE I DE INICIO FRÍO, ALTA POTENCIA				
INSTRUCCIONES	INFORMACIÓN	UNIDAD	COMENTARIOS	IMAGEN
1. Se preparó el cronómetro pero aún no empieza.				
2. De manera continua: se pesó el bulto de leña y las astillas para iniciar el fuego.  (Incluye carbón, etanol, queroseno y cocinas de GLP) Pesar la estufa cargada de combustible.	Peso del combustible.	g	Medición continua de temperatura: La temperatura del agua podría ser registrada continuamente si el equipo está disponible para hacerlo.	
3. Se colocó la olla en el centro del comal del F.E. Se usaron accesorios de madera para colocar un termómetro en la olla para que la temperatura del agua pudiera ser medida en el centro, 5 cm desde la parte inferior. Se midió la temperatura inicial del agua en la olla. Se confirmó que no	Temperatura del agua.	°C	Tapaderas: Mientras que una tapadera ayuda a retener el calor y se utiliza a menudo en tareas reales de cocción, no afecta a la transferencia de calor del F.E. a la olla. Las tapaderas pueden aumentar la variabilidad de los resultados del WBT, por	

<p>varía notablemente de la temperatura ambiente. La olla no debe estar tapada durante la prueba.</p>			<p>lo que es difícil comparar los resultados de diferentes pruebas.</p>	
<p>4. Para la medición de emisiones:  Se anotaron las concentraciones base. Para las mediciones de emisiones en tiempo real, anotamos la medición de partículas. Partículas CO y CO<sub>2</sub>.</p>	<p>CO<sub>2</sub> base CO base</p>	<p>ppm ppm</p>	<p>Las mediciones de emisiones en tiempo real son registradas por el equipo de emisiones.</p>	
<p>5. Se dió inicio al fuego de una manera reproducible de acuerdo con las prácticas locales.</p>	<p>Tiempo.</p>	<p>hr: min.</p>	<p>El arrancador estuvo conformado de ocote y aglomerado de alcohol.</p>	

<p>6. Una vez que el fuego ha sido encendido, se inicio el cronómetro y registre la hora.</p> <p>Se llevó rápidamente la primera olla al punto de ebullición sin ser excesivamente derrochador de la utilización de leña del paquete previamente pesado.</p> <p>Se controló el fuego con los medios de uso común a nivel local. (Este procedimiento debe ser documentado.)</p>	<p>Tiempo que toma elevar la temperatura del agua</p>	<p>hr: min.</p>		
<p>7. Cuando el agua de la primera olla alcanza el punto de ebullición local predeterminado mostrado en el termómetro digital, se hizo rápidamente los pasos 7.a - 7.f.</p>				

<p>a. Se registró el tiempo en el cual el agua de la olla primaria (La olla #1) alcanza la temperatura de ebullición local. Se anotó esta temperatura también.</p>	<p>Tiempo Final, Temperatura del Agua</p>	<p>hr: min °C</p>	<p>Emisiones durante las mediciones de combustible: Este procedimiento no está incluido en la medición de las emisiones, ya que no forma parte del funcionamiento normal</p>	
<p>b. Opcional para la medición de emisiones: Apague el flujo en el filtro de partículas (para mediciones basados en filtros). Retire y almacene adecuadamente y cambie el filtro.</p>			<p>Esta prueba se realizó sin filtro</p>	

<p>c. se continuo quitando toda la leña del F.E. y se apagaron las llamas.</p> <p>(Nota: Las llamas pueden extinguirse colocando los palos en un cubo de ceniza o arena, no utilice agua ya que afectará el peso de la madera. Elimine todo el carbón suelto de los extremos de la madera en el recipiente para pesar carbón).</p> <p>Se pesó la leña sin quemar retirándola de la estufa junto con la madera restante del paquete previamente pesado.</p> <p>Se extrajo todo el carbón que queda de la estufa. Pesar el carbón restante con el carbón que se desprendió de los palos.</p> <p>Se Quitó todo de la estufa y se</p>	<p>Peso del Combustible</p> <p>Peso del carbón y ceniza,</p> <p>Peso del Combustible, Peso del carbón,</p>	<p>g</p> <p>g</p> <p>g</p>	<p>La prueba sugiere un Método alternativo para pesar carbón: Si su balanza puede soportar el peso de la estufa, puede pesar toda la estufa con el carbón en lugar de eliminar el carbón.</p>	 
---	--	----------------------------	---	---

apagó las llamas. Se separaron cuidadosamente el carbón y la madera y se pesó por separado.				
d. Para las estufas con varias ollas, medir la temperatura del agua de cada olla (la olla principal debe estar en el punto de ebullición).	Temperatura del Agua, Olla #2 – 4,	°C		.. El F.E. es una estufa de una sola olla.
e. Pesar cada olla con agua	Peso de cada olla con agua, finalizar	g		
f. Botar el agua caliente de cada olla				

Con esto se completó la fase I de alto poder de inicio en frío. A continuación, se comenzó la fase II de alto poder de encendido caliente, de inmediato, mientras que el fogón ecológico está caliente.

**Fase II. Inicio Caliente**

<b>FASE II. INICIO CALIENTE</b>			
<b>INSTRUCCIONES</b>	<b>INFORMACIÓN</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>COMENTARIOS</b>
1. Se preparó el cronometro pero aún no se comienza.			
2. Para esta fase La olla se preparó de antemano (Olla llena con 5 litros de agua fresca a temperatura ambiente.)  Así preparada la olla se Pesó (con agua) y medió la temperatura inicial del agua.	Peso de la olla(s) con agua, Iniciar	g	Se realizó la medición continúa de Temperatura mediante el equipo disponible
3. se anotó el peso del segundo paquete de leña junto con las astillas para iniciar el fuego	Peso del combustible, Iniciar  Peso del combustible, Iniciar.	g  g	
4. se colocó la olla en el centro del comal del F.E. y se insertó	Temperatura del agua	°C	

<p>el termómetro en la olla.</p> <p>Se midió la temperatura inicial del agua en cada olla.</p> <p>Se confirmó que no variara sustancialmente la temperatura ambiente.</p>			
<p>5. En este paso, Opcional para la medición de emisiones: Para medidas basadas en filtros, encienda el flujo en el filtro de partículas.</p>	<p>Las mediciones de emisiones en tiempo real son registradas por equipos para emisiones.</p>	<p>hr: min.</p>	<p>La medición de las emisiones se realizó de manera directa y se anotaron los resultados.</p>
<p>6. Se inició el fuego usando combustible del segundo paquete de leña pesado previamente designado para esta fase de la prueba. Se siguió el proceso de encendido que se utiliza en la fase I.</p>			

<p>7. Una vez que el fuego encendió, se inició el cronómetro. Se Anotó la hora de inicio. Se Llevó la primera olla rápidamente a ebullición sin desperdiciar leña. Se Controló el fuego mediante el procedimiento utilizado en la Fase 1.</p>	<p>Tiempo</p>	<p>hr: min</p>	
<p>8. Cuando el agua de la primera olla alcanzó la temperatura de ebullición local predeterminada según mostró el termómetro digital, se hicieron rápidamente los pasos 8.a - 8.e.</p>			<p>Nota: la velocidad y la seguridad son importantes en el paso 8, porque la temperatura del agua debe estar lo más cerca posible al punto de ebullición con el fin de proceder directamente a la fase de fuego lento. La olla de agua caliente puede ser cubierta temporalmente con una tapa y se coloca en un plato caliente (si está disponible).</p>
<p>a. Se registró el tiempo en el que el agua en la olla primaria (La olla #1) alcanzó la temperatura de ebullición local. Se anotó esta temperatura también.</p>	<p>Tiempo Final, Temperatura del Agua</p>	<p>hr: min °C</p>	

<p>b. Opcional para la medición de emisiones: Apague el flujo en el filtro de partículas (para mediciones basadas en filtros). Retire y almacene adecuadamente y cambie el filtro.</p>	<p>El F.E. no cuenta con filtro (se omitió este paso)</p>		
<p>c. Se retiró toda la leña de la estufa y Y se apagaron las llamas. Se eliminó todo el carbón suelto de los extremos de la madera en la cámara de combustión del F.E.</p> <p>(En esta parte no se pesa el carbón ni ceniza).</p>	<p>Peso del combustible,</p> <p>Peso del combustible,</p> <p>Peso del carbón=0</p>	<p>g</p> <p>g</p>	
<p>Se pesó la leña sin quemar retirándola del F.E. junto con la madera restante del paquete previamente pesado.</p> <p>Registre cero para el peso del carbón.</p>		<p>g</p>	

d. Para las estufas con varias ollas, medir la temperatura del agua de cada olla (la olla principal debe estar en el punto de ebullición).	Temperatura del agua.	°C	El F.E. es una estufa de una sola olla.
e. Pesar cada olla con agua	Peso de cada olla con agua.	g	
f. Se metió la leña quemada otra vez dentro de la estufa.  Se Procedió inmediatamente con la prueba de baja potencia.	Peso de cada olla con agua.	g	

### ***Fase III. Baja Potencia, Hervir A Fuego Lento***

Esta parte de la prueba está diseñada para poner a prueba la capacidad de la estufa para pasar a una fase de baja potencia después de una fase de alta potencia con el fin de hervir el agua durante 45 minutos utilizando una cantidad mínima de combustible. Para las estufas con varias ollas, sólo se evaluará el rendimiento a fuego lento para la primera olla.

FASE III. BAJA POTENCIA, HERVIR A FUEGO LENTO			
INSTRUCCIONES	INFORMACIÓN	UNIDAD	COMENTARIOS
1. Se preparó el cronómetro pero aún no se activó.			
2. se anotó el peso de la olla con agua.	Peso de las olla con agua.	g	
3. Se notó el peso del combustible sobrante de la segunda fase más el tercer paquete de combustible y las astillas.	Peso del combustible, Iniciar	g	
	Peso del combustible.	g	
4. Se reencendió la leña caliente que fue reemplazada. Se siguió el procedimiento de la Fase I.			
5. Opcional para la medición de emisiones: Para medidas basadas en filtros, encienda el flujo en el filtro de partículas.	Las mediciones de emisiones en tiempo real son registradas por equipos para emisiones.		La medición de las emisiones se realizo de manera directa y se anotaron los resultados.
6. Una vez que el fuego encendió, Se inició el cronómetro. Se anotó la hora de inicio.	Tiempo.	hr: min	
7. Se Colocó la olla en el			
Centro del comal del F.E. y se introdujo el			

termómetro en el agua.			
8. Por 45 minutos se mantuvo el fuego a un nivel que mantuvo la temperatura del agua lo más cerca posible a 3 grados por debajo del punto de ebullición. La prueba es inválida si la temperatura en la olla baja de más de 6 ° C por debajo del punto de ebullición local.	Según los resultados confirmamos que la temperatura se mantuvo cerca posible a 3 grados por debajo del punto de ebullición		Manteniendo la temperatura: Muchas estufas carecen de la capacidad de pasar a baja potencia lo que hace que sea difícil de mantener la temperatura deseada sin que se apague el fuego (especialmente después de que se haya consumido la carga inicial de combustible). En este caso, se utilizó la mínima cantidad de leña necesaria para mantener el fuego sin que se apagara. La temperatura del agua en este caso será superior a 3 ° bajo punto de ebullición, pero la prueba sigue siendo válida. El evaluador no debe tratar de reducir el poder quebrando
9. Después de los 45 minutos, rápidamente realizaron los pasos 9.a- 9.b			
a. Se anotó el tiempo. Se registró la temperatura final del agua que todavía debe ser de 3 °C por debajo del punto de ebullición establecido.	Tiempo, temperatura final del agua.	g °C	

<p>b. Opcional para la medición de emisiones: Apagar el flujo al filtro de partículas (para mediciones basados en filtros). Retire y almacene adecuadamente el filtro.</p>			<p>la leña en trozos más pequeños.</p> <p>La medición de las emisiones se realizo de manera directa y se anotaron los resultados.</p>
<p>c. Se Quitó toda la leña de la estufa y se apagaron las llamas.</p> <p>Se eliminó todo el carbón suelto de los extremos de la leña en el recipiente para carbón. Se peso la leña sin quemar retirada de la estufa junto con la leña restante del segundo bulto pesado previamente.</p> <p>Se extrajo todo el carbón que queda de la estufa. Se pesó el carbón restante junto con el carbón de las puntas de los leños.</p>	<p>Peso del combustible.</p> <p>Peso del carbón más el contenedor.</p> <p>Peso del combustible,.</p> <p>Peso del carbón más el contenedor.</p>	<p>g</p> <p>g</p> <p>g</p> <p>g</p>	
<p>Se retiró todo el sobrante del F.E. y se apagaron las llamas.</p>			

Se Separaron cuidadosamente el carbón y la leña no quemada y se pesó por separado.			
d. Se pesó la olla con el agua que ha quedado.	Peso de la olla.	g	

Hasta este punto, se culmina con la aplicación del protocolo de evaluación técnica del fogón ecológico. Más adelante, en el capítulo correspondiente, se discutirán los resultados y las comparativas numéricas obtenidas con la aplicación de este protocolo estandarizado.

### **Dispositivos para la evaluación de las estufas ecológicas.**

Para medir cada una de las magnitudes y variables obtenidas con la aplicación del protocolo de pruebas se utilizaron los equipos suministrados por el laboratorio de energías renovables IIER de UNICACH, visto en la figura 15, descritos a continuación, tomado de referencia los equipos descritos por la tesis de Oscar Martínez (2016, p. 54-58).

### **Figura 15.**

*Laboratorio de Energías Renovables.*



Dispositivo	Características
<p data-bbox="298 342 764 375">Sensor de Monóxido de Carbono</p> 	<p data-bbox="824 291 1360 516">Dígito 3 1/2 Super Largo (contador 1999) multifunción vídeo inverso LCD Tamaño de bolsillo y fácil de usar Prueba Rápida Max Asimiento y Asimiento de Datos Corte de energía automático</p> <p data-bbox="824 554 1373 699">Arriba de 200 PPM, el beeper suena continuamente con la concentración de CO Completo con batería de 9V Dimensiones: 160 x 56 x 40 mm</p> <p data-bbox="824 741 1365 1003">Peso: 180 g Temperatura de operaciones desde 0 °C hasta +50 °C Temperatura de almacenaje desde -30 °C hasta +60 °C Humedad de operaciones Humedad relativa del 0-99 % (no condensada) Variedad de medida de 0 hasta 1000 PPM</p>
<p data-bbox="293 1171 724 1205">Sensor de Dióxido de Carbono</p> 	<p data-bbox="824 1047 1292 1192">Rango de CO2 = 0 ~ 6,000 ppm Pantalla LCD dividida en 3 partes (para CO2, %RH Humedad y Temperatura de Aire).</p> <p data-bbox="824 1224 1341 1329">Mantenimiento longitud de onda dual libre NDIR sensor infrarrojo de CO2 (infrarrojo no dispersivo).</p> <p data-bbox="824 1367 1349 1400">Registro de datos manual o Continuo.</p> <p data-bbox="824 1436 1260 1503">Los datos capturados Máximo / Mínimo con el sello de Tiempo.</p> <p data-bbox="824 1539 1373 1572">Memoria de Datos y función de lectura.</p> <p data-bbox="824 1608 1349 1642">Configuración de Alarma y de tiempo</p> <p data-bbox="824 1677 1308 1782">Función de RS-232 y Software Función de demostración de fondo luminoso</p> <p data-bbox="824 1818 1162 1852">Simple y seguro de usar</p>

## Termómetro



### ESPECIFICACIONES

Peso 300 g

Empaque Estuche

### Función - Rango

Tensión c.a. 2V - 600V  $\pm(1.5\% + 5)$

Tensión c.c. 200mV - 600V  $\pm(1\% + 3)$

Corriente c.a. 2A - 400A  $\pm(1.5\% + 5)$

Resistencia 200Ohm - 20MOhm  $\pm(1.5\% + 2)$

Temperatura °C -40°C - 1000°C  $\pm(2\% + 10)$

Temperatura °F -40°F - 1832°F  $\pm(2\% + 18)$

## Sensor de humedad de leña.



Ajustables 4 especies de árboles, la lectura de bloqueo, los datos de sostener y valor máximo  
Temperatura de auto compensación para el ambiente variable.

El apagado automático después de 120s sin operación.

Luz de fondo de encendido / apagado, interruptor de encendido y ajuste / entrar botones.

br / > sensibles sondas 2 pines para probar rápidamente. Humedad Medida y temperatura.

< gama br / > humedad: Especies 1/2/3/4: 2-40% / 2-50% / 2-60% / 2-70% error Humedad / resolución:  $\pm 1\% + 0,5 / 0,5\%$

Rango de temperatura / error / resolución: -10 ~ 60 °C /  $\pm 1$  °C / 0.1 °C Rango />

Medio Ambiente de temperatura / humedad: 0-40 °C / 20-95% RH Tamaño : 135 x 55 x 27mm

<p>Báscula digital</p> 	<p>Capacidad: 10kgs/20lbs División mínima: 1g/0.0025 lbs Display: cuarzo liquido Backlight (pantalla iluminada): incluida Corriente eléctrica: 110v/60hz Adaptador a corriente eléctrica: incluido Adaptador al encendedor del auto: opcional Conector serial: rs-232 Batería recargable: incluida con duración 100h Tara máxima: 10kgs/20lbs Plato: 20cmsx24cms (7.8x9.4") Peso neto: 3.5kgs/7.8lbs</p>
<p>Cronómetro</p> 	<p>Sin especificaciones</p>
<p>Cámara Termográfica Flir E-60</p> 	<p>Resolución IR [píxels] 320 x240 (76.800) MSX - Realce de la imagen térmica sí Sensibilidad térmica / NETD [oC] &lt;0.05oC Campo de visión 25o x 19°, [teleobjetivo 15o x 11,25o]; [gran angular 45o x 33,8o]  Distancia focal mínima [m] 0.4 m, Lentes opcionales: [teleobjetivo 6o: 4]; [teleobjetivo 15o: 1,2]; [gran angular 45o: 0,2]  Resolución espacial (IFOV) [mrad] 1,36 mrad, Lentes opcionales: [teleobjetivo 6o: 0,33]; [teleobjetivo 15o: 0,82]; [gran angular 45o: 2,59]  Frecuencia de imagen [Hz] 60 Hz  Enfoque  Zoom digital Pantalla Enfoque manual 2x y 4x Pantalla táctil 3,5" LCD color  Ajuste de imagen Ajuste automático / Ajuste manual.</p>

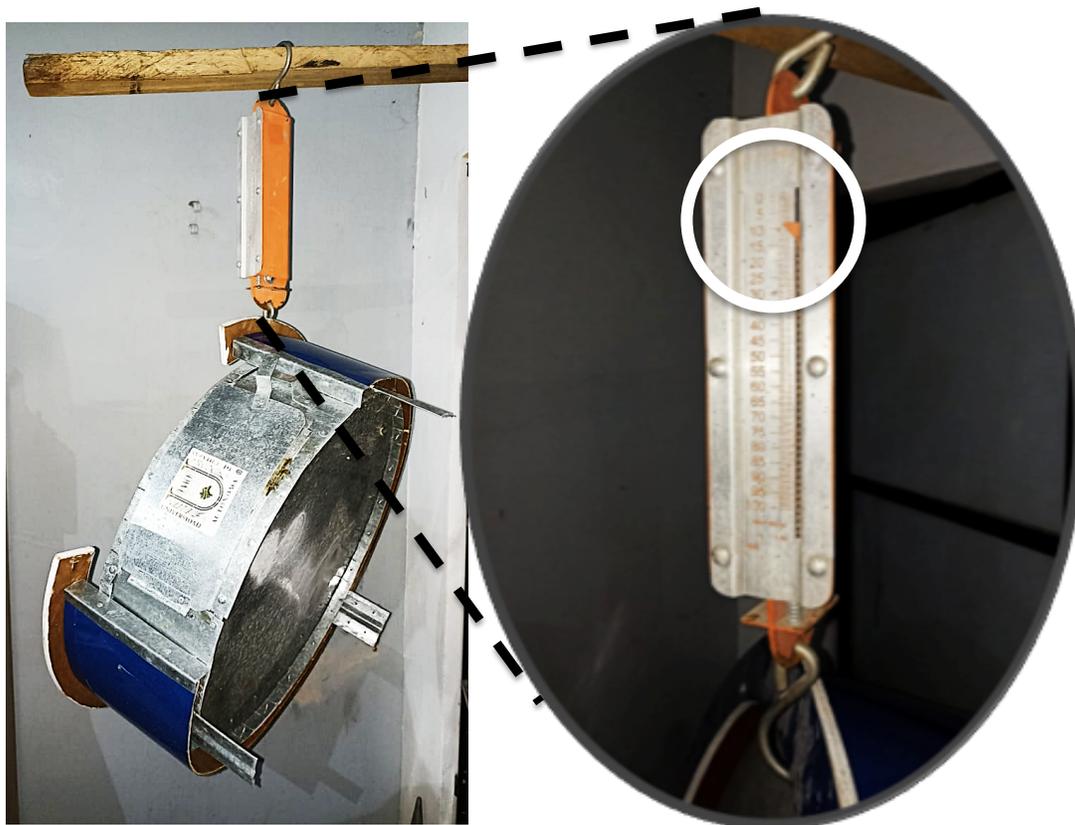
## Pruebas y resultados

A continuación, se expresan los resultados de las pruebas realizadas al prototipo del fogón ecológico para su evaluación técnica, mediante la aplicación del protocolo de ebullición WBT, aplicando la evaluación del prototipo en laboratorio del IIER-UNICACH, encontrando los siguientes resultados.

La estructura del prototipo del fogón ecológico se diseñó bajo la premisa de que el fogón ecológico tuviese un peso máximo de 20 kg por elemento, figuras 16, 17 y 18, para lograr que sea de fácil transporte, de acuerdo a su uso en condiciones reales.

### Figura 16.

*Peso de la cámara de combustión.*

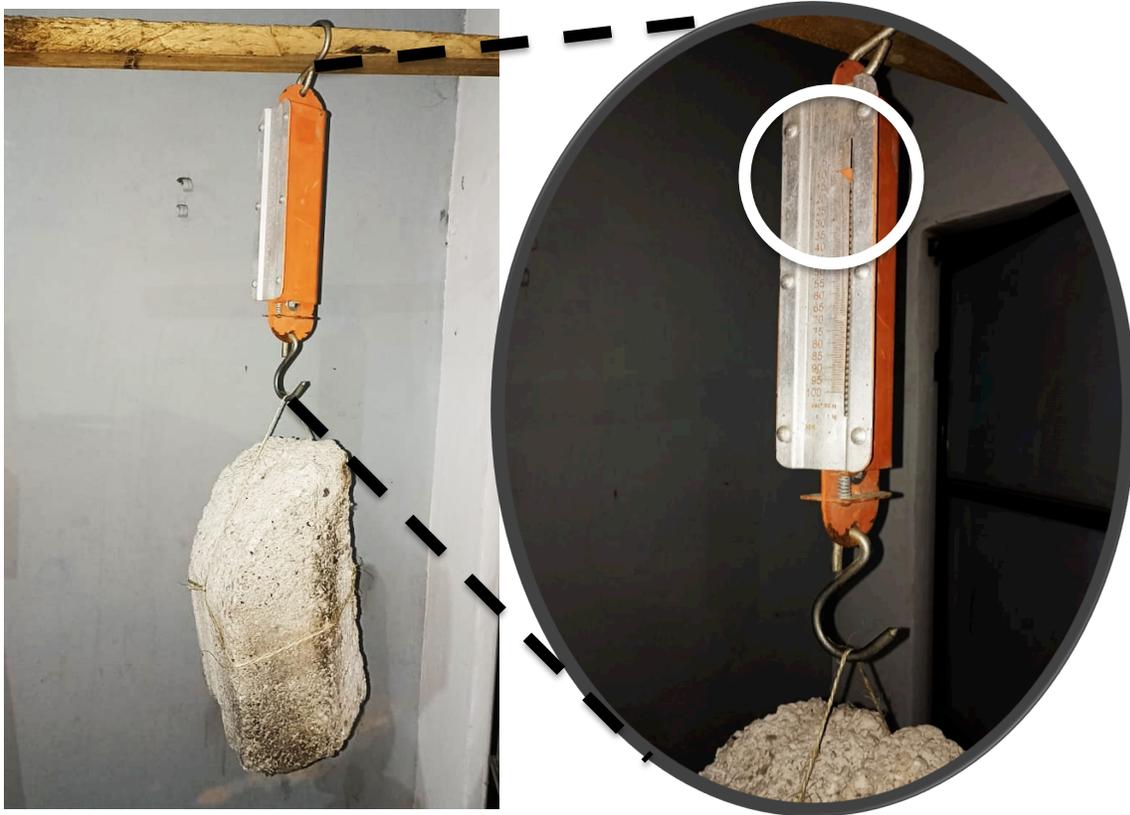


*Nota:* el peso de la cámara de combustión es de 9.0 kg.

El peso de la cámara de combustión, una vez construida, sin los elementos refractarios en su interior, es de 9.0 kg, lo cual representa un 55% de reducción en relación a los 20 kg propuestos en diseño.

**Figura 17.**

*Peso de los elementos refractarios para la cámara de combustión.*

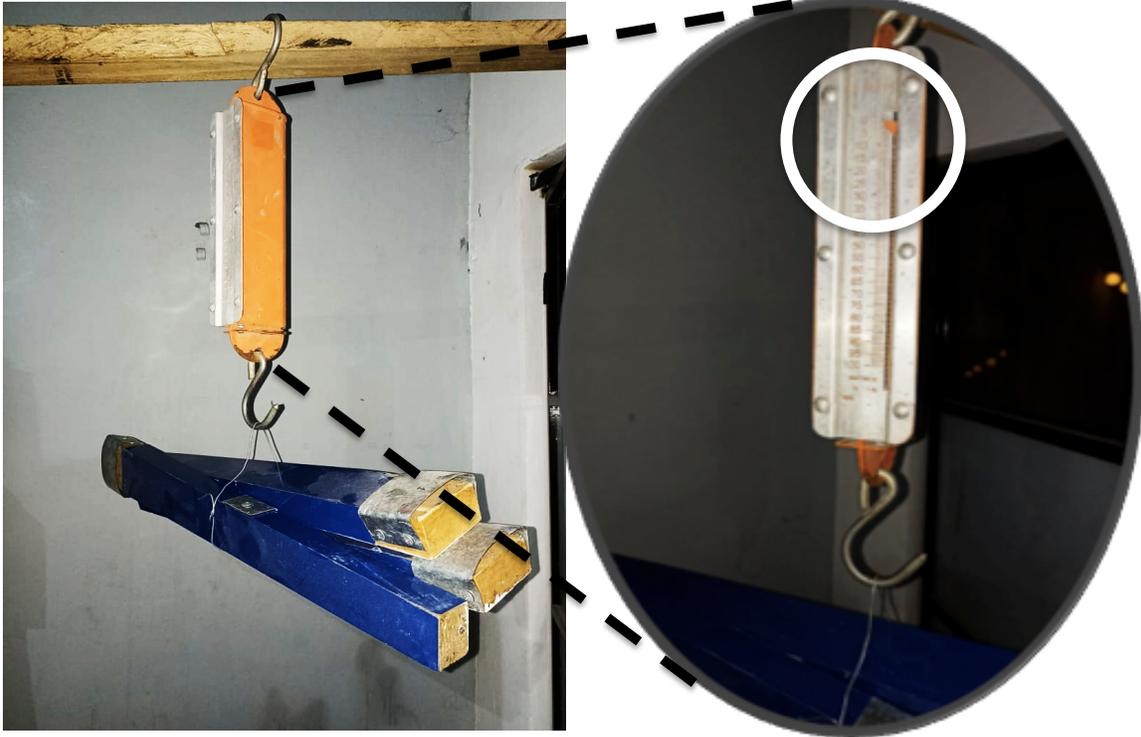


*Nota:* el peso de los elementos refractarios de la cámara de combustión es de 10.0 kg.

El peso del par de elementos refractarios de la cámara de combustión es de 10.0 kg, lo cual representa un 50% de reducción en relación a los 20 kg propuestos en diseño.

**Figura 18.**

*Peso de elementos de soporte (patas).*



*Nota:* el peso de los elementos de soporte (patas) de la cámara de combustión es de 3.0 kg.

El peso de los tres elementos de soporte de tipo patas, de la cámara de combustión es de 3.0 kg, lo cual representa un 75% de reducción en relación a los 20 kg propuestos en diseño.

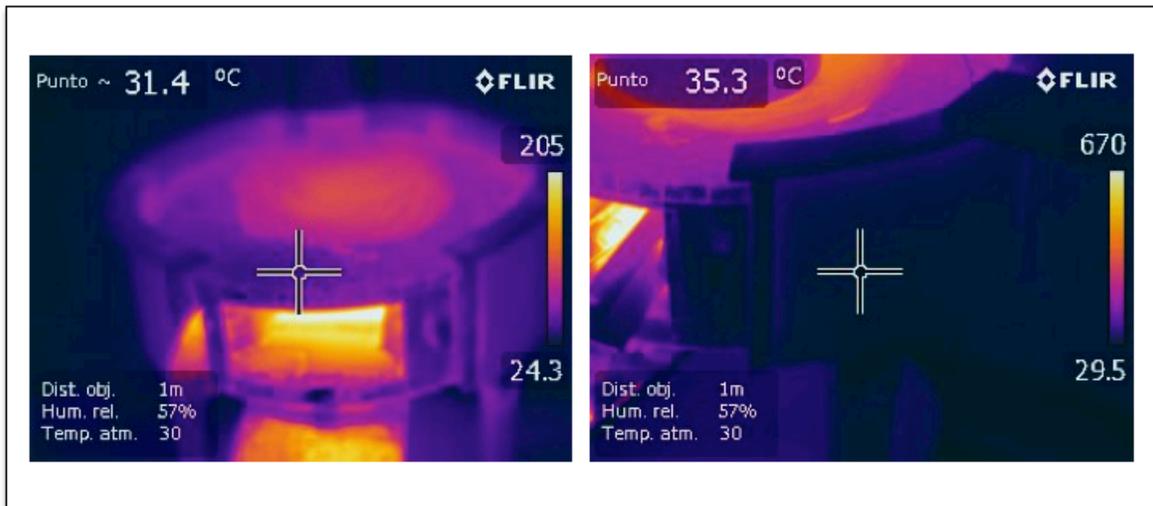
### **Análisis termo gráficos del Fogón Ecológico.**

El análisis termo grafico del fogón ecológico, se obtuvo con las lecturas de la cámara de termo gráfica Flir E-60, realizado en el laboratorio del IIIER;

encontrando temperaturas concentradas de hasta 400 °C al centro del comal de cocción de alimentos con una importante reducción de temperatura de hasta 31°C en sus laterales, como se puede observar en la siguiente figura 19.

**Figura 19.** *Temperatura del centro del comal.*

*Temperatura del centro del comal.*



*Nota:* Imagen termo gráfica tomada en laboratorio donde se aprecia el decremento de temperatura del centro del comal a los laterales del fogón ecológico.

Este resultado demuestra la eficiencia de la disposición de los 6 disipadores colocados equidistantes en el perímetro de la cámara de combustión que genera una separación de 1 pulgada entre dicha cámara y el recubrimiento, cumpliendo la función de cámara anti-radiación de calor.

Este diseño tan sencillo, permite pasar de temperaturas elevadas, de máxima concentración al centro del comal de la cámara de combustión, a temperaturas mínimas en sus laterales con la simplicidad de hacer fluir aire a temperatura ambiente en el espacio de aire contenido entre la pared del tambor de la cámara de combustión y el recubrimiento o protección térmica separados

por elementos distribuidos equidistantes uno de otro.

Lo anterior se demostró en los resultados del análisis termo gráfico del fogón ecológico, Figura 16, verificando temperaturas mayores a 400°C en el centro del comal, donde es requerido para la cocción de alimentos al mismo tiempo se aprecia una reducción de temperaturas de 35°C en sus laterales, donde no es requerida una elevación de temperatura dado que es la parte más expuesta al contacto de la persona usuaria del fogón ecológico, abonando a su eficiencia global.

### **Análisis de eficiencia con la Prueba de Ebullición de Agua.**

Los resultados más importantes obtenidos dentro de la prueba de eficiencia energética del fogón ecológica, con tratamiento como estufa de un comal y de una olla, estuvo dictaminado en términos de transferencia de calor, expedición de gases contaminantes y eficiencia de la combustión. Esta prueba permitió el análisis de la eficiencia que tiene el calentar 5 litros de agua en una olla con los siguientes resultados vistos en la tabla 7; tiempo de ebullición (min), combustible consumido (Kg), eficiencia térmica (%), rango de combustible consumido (g / min), consumo específico de combustible (g / liter), Potencia de fuego (w).

**Tabla 7.**

*Resultados de la prueba WBT aplicado al fogón ecológico.*

WBT	Tiempo de ebullición (min)	Combustible consumido (Kg)	Eficiencia Térmica (%)	Rango de combustible consumido (g / min)	Consumo específico de combustible (g / liter)	Potencia de fuego (w)
<b>Fogón Ecológico</b>	61	1.955	8	29	377	8440

Durante la prueba se puso a punto de ebullición, 5 litros de agua en tres fases secuenciales, anotando el tiempo de ocurrencia de inicio de ebullición, cuanta leña se consumió para ello y el carbón como residuo. Para la realización de este test se hizo uso de la plantilla Excel: *Water Boiling Test (WBT) data calculation sheet* v.4.3.2. Siendo que las fases de la prueba de WBT son: Fase 1 de alta potencia de inicio en frío, fase 2 de alta potencia de inicio en caliente, fase 3 de fuego lento.

A continuación, se observa en la tabla 8, la comparativa de los registros de estufas evaluadas por Martínez en su trabajo de investigación con esta prueba, agregando los registros repostados para el fogón ecológico y discutir su comparativa.

**Tabla 8.**

*Comparativa de resultados de pruebas WBT (Martínez, 2019).*

WBT	Tiempo de ebullición (min)	Combustible consumido (Kg)	Eficiencia Térmica (%)	Rango de combustible consumido (g / min)	Consumo específico de combustible (g / liter)	Potencia de fuego (w)
<b>Fogón</b>	26	1.367	13	36	171	9, 384
<b>Enerchia</b>	42	1.979	14	34	298	10, 350
<b>Patsari</b>	47	1.996	12	35	196	9, 828
<b>Ø nil</b>	65	1.845	12	38	350	9, 476
<b>Fogón Ecológico</b>	61	1.955	8	29	377	8440

*Nota:* Tabla de resultados comparativos WBT, propuesto por Martínez, donde se observan resultados del fogón ecológico.

Según los resultados del WBT registrados en la tabla 7, se observa que el fogón tradicional produce la ebullición de agua en menor tiempo (26 min) y menos leña utilizada (1.367 kg), resultando según “más eficiente”, térmicamente

hablando, pareciendo el elemento de cocción más eficiente por sobre todas las estufas, incluido el fogón ecológico, sin embargo, al ser un combustión libre y directa a la olla, es como se produce este efecto sin limitar la emisión de humo contaminante y produciendo las EPOC descritas en múltiples estudios. Notando en esta tabla como el “fogón ecológico” se encuentra en rango promedio de las estufas eficientes como la estufa Eerchia y la estufa Patsari con la diferencia en cuanto al porcentaje de eficiencia térmica, dado que el material aligerado sacrifica la trasmisión de calor por la ligereza y la economía de la producción del fogón ecológico.

### **Análisis de emisiones de CO y CO<sub>2</sub>.**

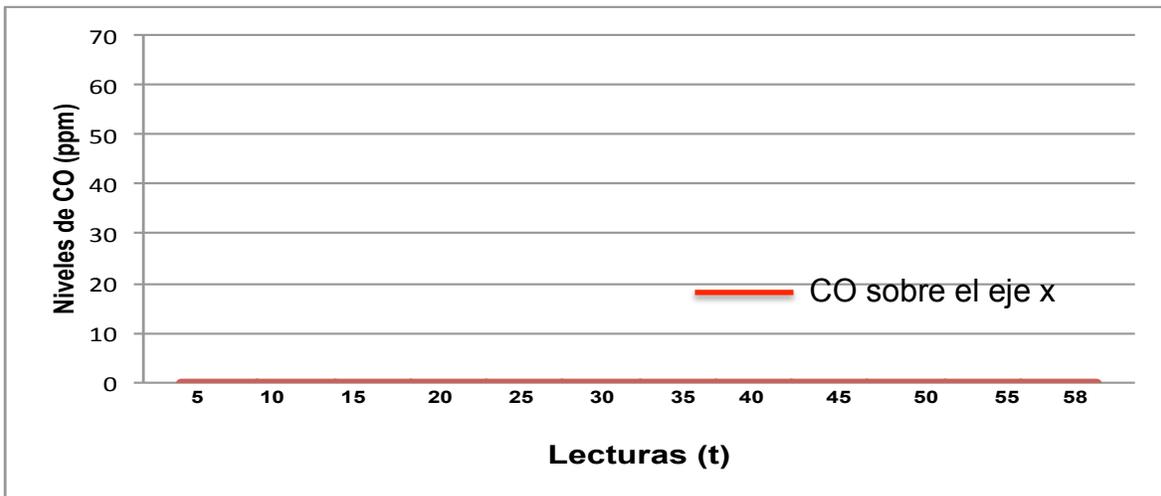
Con respecto al análisis de eficiencia del fogón ecológico relativa a la emisión de gases contaminante tales como: el monóxido de carbono (CO) y el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), se tiene que;

El comportamiento del monóxido de carbono (CO), es cero, el fogón ecológico muestra una eficiencia del 100 % en cuanto a la evaluación técnica de emisión de CO, tal como se planteó en la hipótesis de esta investigación, al tener cero emisiones de este gas contaminante; eficiencia basada en su diseño de cámara de combustión patentada, la representación de estos resultados se observa en la Figura 20.

El comportamiento del dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), se presentó en niveles normales aceptables (450 a 600 ppm) para la persona usuaria del fogón ecológico, dicho comportamiento se observa en la figura 21 vista más adelante.

**Figura 20.**

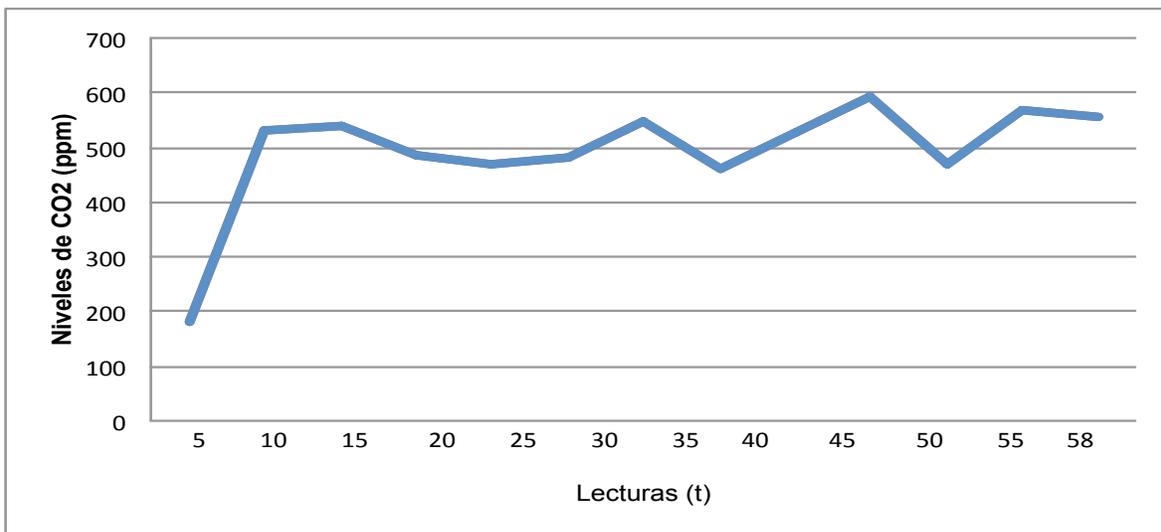
*Niveles de monóxido de carbono (CO), emitidos por el fogón ecológico.*



*Nota:* el comportamiento del CO es lineal y constante sobre el eje de las X, dados los resultados en cero de expedición de gases contaminantes.

**Figura 21.** *Niveles Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>), emitidos por el fogón ecológico.*

*Niveles Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>), emitidos por el fogón ecológico.*



**Tabla 9.**

*Comparativa de resultados de emisiones durante pruebas WBT (Martínez, 2019).*

<b>PE</b>	<b>CO ppm (promedio)</b>	<b>CO2 ppm (promedio)</b>	<b>Reducción de CO (%)</b>	<b>Reducción de CO2 (%)</b>
<b>Fogón</b>	101.2	865.7	----	----
<b>Enerchia</b>	0.16	446.65	99.84	89.98
<b>Patsari modificada</b>	0.069	490.34	99.93	80.6
<b>O'nil</b>	0.027	526.29	99.97	72.88
<b>Fogón Ecológico</b>	0	488.6	100	89

En la tabla 9 anterior, propuesta por Martínez después de analizar tres diferentes tipos de estufas ecológicas y al fogón tradicional, se observa como el fogón ecológico supera al fogón tradicional, el cual no presenta reducción en las emisiones de gases contaminantes, así como supera a las estufas: *Enerchia* con el 99.84 %, *Patsari* con el 99.93 % y *O'nil* con el 99.97% en lo referente a la reducción de gases CO, siendo que el fogón ecológico obtuvo el 100 % de reducción de dicho gas contaminante, generando estas diferencias debido a su cámara de combustión mejorada con diseño aeroespacial y comprobando así la hipótesis planteada al comienzo de esta investigación.

Con lo anterior se aterrizan los resultados obtenidos mediante la evaluación técnica del fogón ecológico, motivo de este estudio, dando paso al capitulado siguiente referente a las conclusiones.

## Conclusiones

Después de la evaluación técnica del Fogón Ecológico para comunidades rurales, mediante la Prueba de Ebullición de Agua (WBT) estandarizada, con atención en el tiempo de ebullición (min), combustible consumido (Kg), eficiencia térmica (%), rango de combustible consumido (g/min), consumo específico de combustible (g/liter), potencia de fuego (w) y emisiones de gases contaminantes (ppm), puedo concluir que:

La eficiencia global de un instrumento de cocción de alimentos tal como las estufas ecológicas y en este caso el fogón ecológico, está comprendida por diversos parámetros de medición en diferentes eficiencias: térmica, económica, ecológica y sanitaria, siendo que, cada uno de los elementos de cocción evaluados pueden presentar ventajas y desventajas en estos diferentes tipos de eficiencias. En el caso del fogón tradicional, por ejemplo, presenta una eficiencia térmica muy alta dado que la cocción de alimento es directa, sin ninguna barrera que se interponga entre el de fuego y el utensilio de cocción, sin embargo su eficiencia ecológica y sanitaria resultan pésimas debido a que la emisión de gases contaminantes y el consumo de combustible son excesivos, para el caso del fogón ecológico se hallan las siguientes ventajas primordiales:

- De acuerdo con los resultados de la Prueba de Emisión Intramuros (PEI) respecto a la eliminación eficientemente de humo, el fogón ecológico obtuvo el 100% de reducción de CO al interior de la vivienda, siendo un aporte en reducción del riesgo de afectaciones respiratorias (EPOC).
- Su eficiente diseño de cámara anti-radiación de calor, evita quemaduras de

primer contacto mediante la concentración de calor al centro del comal de cocción, generando una eficiencia en seguridad y reducción de eventos por quemaduras.

- Su eficiente cámara de combustión, reduce en rangos aceptables el consumo de biomasa.
- Su peso ligero facilita su portabilidad (máximo 10 kg por elemento).
- Su versatilidad de uso permite: el modo mesa y el modo piso.

Además, de acuerdo a los resultados, es evidente identificar que el fogón ecológico presenta algunas desventajas en su eficiencia térmica, desventajas con soluciones alcanzables, tales como; el uso de materiales más robustos en la fabricación del comal trasmisor de calor y el uso de aditamentos como barreras de calor, lo cual motiva a continuar la investigación en trabajos futuros.

Finalmente es importante concluir que, no hay estufa ecológica que alcance una eficiencia global, comprendida de la sumatoria de eficacias tales como: térmica, ambiental, de extracción de Humos, económica, de seguridad y eficiencia social, sino más bien se alcanzan eficiencias parciales, tratando de satisfacer impactos, tomando como ejemplo al fogón ecológico; los impactos que este puede tener para los usuarios son; la economía, la salud y el ambiente como sigue:

Impacto social: un motivo de decisión de uso de nuevas tecnologías es la aceptación social e incluso cultural de las estufas ecológicas, lo cual motivó a diseñar un elemento de cocción de alimentos como el “Fogón Ecológico”, no solo con beneficios estructurales sino también de diseño visual agradable para la persona usuaria y con elevada versatilidad como lo es, el uso en modo mesa y

modo piso, propiciando una mayor aceptación social. Además, aportar un diseño visual agradable para la persona usuaria, justo como lo es un acabado tipo formáica. Es imperativo generar encuestas de aceptación, en una segunda fase de aplicación en campo.

Impacto ambiental: en lo referente al uso de las estufas ecológicas en general, se busca una reducción aceptable en el consumo de leña con el diseño de una cámara de combustión óptima para un ahorro de leña y otros recursos naturales como combustible, motivando a estudios futuros diseñar e innovar cámaras de combustión, las cuales mejore cada vez más la eficiencia térmica y por lo tanto ecológica.

Impacto económico: el eco-diseño aplicado en el uso eficiente del material de construcción en el prototipo de fogón ecológico, motiva a la reducción al mínimo el costo de producción de este instrumento de cocción, propiciando la sostenibilidad financiera de las personas usuarias de las comunidades rurales, posibilitando su producción y venta en una producción masiva, lo que puede crear oportunidades de empleo y de emprendimiento. Esta teoría deberá demostrarse en trabajos futuros con un análisis comparativo de costos de producción.

Impacto en la salud: como se puede observar en los resultados de la evaluación técnica, el fogón ecológico propicia la reducción al 100 % la exposición a humo y gases tóxicos al interior de los hogares de las personas usuarias, como se planteó en la hipótesis de esta investigación, lo que favorece la reducción de la incidencia de enfermedades respiratorias y posibilita mejorar la salud en general. Además, su cama anti-radiación de calor evita las quemaduras por accidentes de

aproximación muy comunes en niños coexistentes en el entorno de la cocina familiar.

Por tanto, el presente trabajo de investigación demostró mediante la evaluación técnica del fogón ecológico para comunidades rurales; que es posible alcanzar una eficiencia global mediante la adopción de más conceptos y teorías de estudio, tales como: eco diseño, trazo sustentable y la teoría de los cuatro elementos de que propician una combustión eficiente estudiando las variables; **ENERGÍA DE COMBUSTIÓN, CARBURANTE, COMBUSTIBLE**, y el **MEDIO DE COMBUSTIÓN**, en busca de la estufa ecológica de mayor eficiencia, incentivando en futuros trabajos de diseño de instrumentos de cocción de alimentos, tales como, las estufas o fogones ecológicos.

## Referencias.

Antúñez, C. F. E. (2019). Desarrollo de una estufa ecológica multifuncional leña-biogás. [Tesis de Maestría, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas]. <https://repositorio.unicach.mx/handle/20.500.12753/720?locale-attribute=en>

Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza - CATIE. (1994). *Estufas ahorradoras de leña para el hogar rural: validación y construcción*, 216,14-15. <https://goo.su/gXUYt0>.

Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza - CATIE. (1994). *Comparativa CATIE* [Tabla]. 216,14. <https://goo.su/gXUYt0>.

Cleancookstoves, (2014). *Protocolo de prueba de Ebullición WBT*. Recuperado el 28 de noviembre de 2023, de cleancookstoves: <http://catalog.cleancookstoves.org/content/test-results/new>.

Cleancookstoves, (2014). *Resumen de WBT*. [Tabla]. cleancookstoves: <http://catalog.cleancookstoves.org/content/test-results/new>.

Collins, F. E. (2019). *Desarrollo de una Estufa Ecológica Multifuncional Leña-Biogás* [Tesis de Maestría, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas]. Repositorio UNICACH. <https://repositorio.unicach.mx/handle/20.500.12753/720?locale-attribute=en>

CONEVAL. (2014). *Metodología para la medición multidimensional de la pobreza en México*, 2.

Constantino D., M.O. (2020, 17 de Septiembre). *Fogón Ecológico* [Patente].

Constantino D., M.O. (2023). *Vista en Corte de cámara de combustión Aeroespacial* [Imagen - Captura de pantalla]. Vertasium. [https://www.youtube.com/watch?v=sYsVXfrV\\_jc](https://www.youtube.com/watch?v=sYsVXfrV_jc).

Constantino D., M.O. (2023). *Enfriamiento regenerativo* [Imagen - Captura de pantalla] Vertasium. [https://www.youtube.com/watch?v=sYsVXfrV\\_jc](https://www.youtube.com/watch?v=sYsVXfrV_jc).

Constantino D., M.O. (2023). *Tubos de Cámara de combustión aeroespacial* [Imagen - Captura de pantalla]. Vertasium. [https://www.youtube.com/watch?v=sYsVXfrV\\_jc](https://www.youtube.com/watch?v=sYsVXfrV_jc).

Cuatrecasas, J. (1967). Mitopoyesis del origen del fuego: su significación antropológica. *Revista de Psicología* , 5 (2).

De Alva, C. I. G. (2012). *Historia de la gastronomía*. Academia.edu. [https://www.academia.edu/34552742/Historia\\_de\\_la\\_gastronom%C3%ADa\\_pdf](https://www.academia.edu/34552742/Historia_de_la_gastronom%C3%ADa_pdf)

Farrera, V. N. (2011). Tecnologías termosolares y bioenergéticas y su contribución al desarrollo sustentable de comunidades rurales marginadas de Chiapas. [Tesis de Doctorado, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas]. Repositorio Unicach, <https://repositorio.unicach.mx/handle/20.500.12753/416?show=full>

García S.J., R. (2001). *Combustión y combustibles* [Tesis de Maestría]. <https://cutt.ly/fwZm9gSb>

García S.J., R. (2001). *Triángulo de la combustión* [Diagrama]. <https://cutt.ly/fwZm9gSb>

IDH Municipal. (2019). *IDH Municipal, herramienta para construir el desarrollo global de México desde lo local*. <https://cutt.ly/ZwVzMbCu>

INEGI. (2020). *INEGI INFORMACION DE MEXICO*. <https://www.cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/chis/>

INEGI. (2020). *INEGI INFORMACION DE MEXICO*. <https://goo.su/nvSRIJc>

Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad (IIES), Unidad de Eco tecnologías, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Resumen, <https://ecotec.unam.mx/ecoteca/estufas-de-lena-mejoradas>

Tornell M. (2020, 12 de marzo) La eficiencia global de los equipos (OEE). *Leanesi*. <http://www.leanesi.es/Art%C3%ADculos/Articulo%20sobre%20el%20OEE.pdf>

Méndez-Villamil, P. P. (30 de noviembre de 2018). *globalastronomia.com*. Obtenido de <https://www.globalastronomia.com/toberas/>

Martínez Aguirre, O. (2016). Desarrollo de un laboratorio y una metodología para la evaluación de estufas ecológicas. [Tesis de Maestría, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas].

Moreno Aguirre, O. (2016). *Recolección de datos WBT* [Tabla]. Instituto de Investigación e Innovación en Energías Renovables. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas.

Moreno Aguirre, O. (2016). *Recolección de datos PEI* [Tabla]. Instituto de Investigación e Innovación en Energías Renovables. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas.

Norma Mexicana (NORMEX). (2019) Estufas que funcionan con leña - Evaluación de funcionalidad, seguridad, durabilidad, eficiencia térmica y nivel de emisiones - Especificaciones, métodos de prueba y requisitos mínimos. Publicación de declaratoria de vigencia en el DOF. <https://normex.com.mx/producto/nmx-q-001-normex-2018/>

Quiroz y Cantú, (junio-noviembre 2012). El fogón abierto de tres piedras en la península de Yucatán: tradición y transferencia tecnológica. *Revista Pueblos y fronteras digital*, 7(13), 270-301, HYPERLINK "<https://cutt.ly/1wZnONhr>" \t "blank" <https://cutt.ly/1wZnONhr>

Tornell, M. (2020, 12 de marzo). *La eficiencia global de los equipos (OEE)*. Leanesi <http://www.leanesi.es/Art%C3%ADculos/Articulo%20sobre%20el%20OEE.pdf>

UNESCO. (1972). *Courrier: a window open on the world "El Origen del hombre"*, 7(8-9).

Vertasium. (2022, 15 de Septiembre). *Cohetes Reales Hechos con Impresoras 3D*. [Video]. [https://www.youtube.com/watch?v=sYsVXfrV\\_jc](https://www.youtube.com/watch?v=sYsVXfrV_jc).

## Anexos

### Anexo 1: Patente del Fogón Ecológico.



2020, Año de Leona Vicario, Benemérita Madre de la Patria

### TÍTULO DE PATENTE No. 375561

**Titular(es):** UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIAPAS  
**Domicilio:** Boulevard Belisario Domínguez Kilómetro 1081, Sin Número, Colonia Terán, 29050, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, MÉXICO  
**Denominación:** FOGÓN ECOLÓGICO.  
**Clasificación:** CIP: F24B1/02; F23M5/02; F24B13/02  
CPC: F24B1/02; F23M5/02; F24B13/02  
**Inventor(es):** MARTÍN OSIEL CONSTANTINO DÍAZ

#### SOLICITUD

Número:	Fecha de Presentación:	Hora:
MX/a/2014/014284	10 de Noviembre de 2014	15:05

**Vigencia:** Veinte años

**Fecha de Vencimiento:** 10 de noviembre de 2034

**Fecha de Expedición:** 7 de septiembre de 2020

La patente de referencia se otorga con fundamento en los artículos 1º, 2º fracción V, 6º fracción III, y 59 de la Ley de la Propiedad Industrial.

De conformidad con el artículo 23 de la Ley de la Propiedad Industrial, la presente patente tiene una vigencia de veinte años improrrogables, contada a partir de la fecha de presentación de la solicitud y estará sujeta al pago de la tarifa para mantener vigentes los derechos.

Quien suscribe el presente título lo hace con fundamento en lo dispuesto por los artículos 6º fracción III, 7º BIS 2 y 59 de la Ley de la Propiedad Industrial; artículos 1º, 3º fracción V inciso a), sub inciso iii), 4º y 12º fracciones I y III del Reglamento del Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial; artículos 1º, 3º, 4º, 5º fracción V inciso a), sub inciso iii), 16 fracciones I y III y 30 del Estatuto Orgánico del Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial; 1º, 3º y 5º inciso a) y antepenúltimo párrafo, del Acuerdo que delega facultades en los Directores Generales Adjuntos, Coordinador, Directores Divisionales, Titulares de las Oficinas Regionales, Subdirectores Divisionales, Coordinadores Departamentales y otros subalternos del Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial.

El presente oficio se signa con firma electrónica avanzada (FIEL), con fundamento en los artículos 7 BIS 2 de la Ley de la Propiedad Industrial; 3º de su Reglamento, y 1 fracción III, 2 fracción V, 26 BIS y 26 TER del Acuerdo por el que se establecen los lineamientos para el uso del Portal de Pagos y Servicios Electrónicos (PASE) del Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial, en los trámites que se indican.

#### SUBDIRECTOR DIVISIONAL DE EXAMEN DE FONDO DE PATENTES ÁREAS MECÁNICA, ELÉCTRICA Y DE DISEÑOS INDUSTRIALES Y MODELOS DE UTILIDAD

##### PEDRO DAVID FRAGOSO LÓPEZ



Cadena Original:  
PEDRO DAVID FRAGOSO LOPEZ|00001000000405457619|Servicio de Administración  
Tributaria|1052|MX/2020/75766|MX/a/2014/014284|Título de patente normal|1027|RGZ|Pág(s)  
1|hV339u5VnVYh0meFpaJdbWGmo=

Sello Digital:

YMcCaIKfHLVIM5xfs4rtGicgW1JXRdJMzI6PvMj9ag3d6o7lkf4K4pHTMfNVySbJsPw+lax1h8TDRwzpQrZjJalb  
KVO4H+id8dc+ARMJNKqHWu8PCXhPerOis6ntLWLiC/Xcf8ku7BSqsll/mjaEzvGyjE9DaAu3WkkUcMyrkf3F4+GI7M  
CVMaGXRIA8Ew1XVVunhbxhYrTfkf251IKGRKurNn1WGb1aEie5kQ6OWhLoGLZbK5F2EZ34js9zoAKpgKr4ImEu1Gj  
9v0fDdoz+RSihibkylmJucLWhYTYG0IHFGfU242eMoJ2AlesUTl2kgWsqGkHgC1eBMBa==



MX/2020/75766



## REINVINDICACIONES

Habiendo descrito con detalle mi invención, reclamo como de mi exclusiva propiedad lo contenido en las siguientes cláusulas:

5

1. Un fogón ecológico que proporciona una estructura en conjunto ligera y portátil para su traslado, caracterizado porque comprende:

10 una cámara de aire anti-radiación de calor (11), una cámara de combustión armable (12) y una cámara de gases (13),

en donde dichas cámaras son configuradas para ser ensamblables para su traslado,

15 dichas cámaras son unidas en un tambor hermético (4), dicho tambor tiene una puerta (18) de entrada, la cámara de combustión armable (12) y la cámara de gases (13) es armada al interior de dicho tambor hermético (4), en donde la cámara de combustión armable (12) está conformada por dos paredes verticales semi curvas (10) y un piso (15), las paredes verticales semi curvas (10) tiene cada una forma de sección trapezoidal con seis lados y su base (A) de los cuales un lado es una pared semi circular (B) que corresponde a la parte frontal, la cual coincide con la curvatura interior del tambor hermético (4), otro es un lado vertical mayor (C) el cual le tiene substancialmente el espesor del tambor hermético (4), un lado vertical menor (D) el cual tiene sustancialmente el espesor del piso (15), un lado horizontal (E) paralelo a la base (A) el cual está unido al extremo superior del lado vertical mayor (C), un lado inclinado (F) el cual une el otro extremo del lado horizontal (E) con el lado vertical menor (D), y un lado vertical plano (G) opuesto a la pared semi circular (B) el cual es la parte posterior de la pared semi curva (10);

30

en donde las dos paredes verticales semi curvas (10) son unidas por medio del piso (15) quedando sus lados inclinados (F) frente a frente creando un espacio

sustancialmente cóncavo, dicho armado solo ocupa una sección del área del tambor creando la cámara de combustión armable (12), en donde el espacio restante forma la cámara de gases (13);

5 en donde las cámaras de combustión armable (12) y la cámara de gases (13) dentro del tambor hermético (4) están configuradas para confinar las emisiones contaminantes dentro de la cámara de gases (13) en donde dichos gases son extraíbles por medio de una chimenea (1), en donde dicha chimenea está cubierta con una capucha (14) para evitar inclemencias del tiempo al ser  
10 expuesta a la intemperie, la cámara de combustión armable (12) concentra el calor al centro de un comal de cocción (9) que es colocado por encima de dicha cámara de combustión armable (12),

15 la cámara de aire anti-radiación de calor (11), se forma entre la parte externa del tambor hermético (4) y un recubrimiento ligero (2) formando un espacio entre ellos , siendo dicho recubrimiento preferentemente de madera, plástico o lámina metálica, en donde dicho recubrimiento está sujeto a la parte externa del tambor (4) por medio de unos elementos de sujeción huecos (3) distribuidos equidistantemente, que permite conferir la curvatura necesaria al recubrimiento  
20 ligero (2) para cubrir dicho tambor hermético (4), en la parte perimetral superior del recubrimiento ligero (2) se coloca una franja curva (16) para dar rigidez a la estructura y funge como protección anti radiación de calor superior que se sujeta a la parte superior de los elementos de sujeción huecos (3), además el recubrimiento ligero (2) está configurado para permitir colocar texturas  
25 decorativas.

2. El fogón ecológico que proporciona una estructura en conjunto ligera y portable para su traslado de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque el  
30 tambor hermético (4) es preferentemente circular y está formado preferentemente de lámina metálica.

- 9 -

5 3. El fogón ecológico que proporciona una estructura en conjunto ligera y portable para su traslado de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque la cámara de combustión armable (12) tiene una salida de gases conformada por un acoplamiento cilíndrico (17) ubicado en el comal (9) justo por encima de la cámara de gases (13) y que se conecta con el tubo chimenea (1).

10 4. El fogón ecológico que proporciona una estructura en conjunto ligera y portable para su traslado de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque el tambor hermético (4) cuenta preferentemente con tres patas cortas (5) planas rigidizadas por una costilla en su eje central de forma vertical, permitiendo el acoplamiento y desacoplamiento en su cara interna a unas patas largas y robustas (6) mediante medios de sujeción preferentemente tornillos.

15 5. El fogón ecológico que proporciona una estructura en conjunto ligera y portable para su traslado de conformidad con la reivindicación 4, caracterizado porque entre la parte interna de las patas largas y robustas (6) se coloca una cubierta inferior (7) que da rigidez a la estructura y permite colocar utensilios de servicio.

20

## RESUMEN DE LA INVENCION

La presente invención se refiere a un fogón ecológico; sustentable tanto en el sentido ambiental como económico y de fabricación industrial.

5 Es un fogón o estufa que está conformada de tres componentes principales como son:

1.- estructura ultra ligera, portable, desarmable.

2.- cámara de combustión ajustable.

3.- recubrimiento y protección térmica con cámara de aire anti-radiación de calor.

10 La disposición de estos elementos redundan en un fogón que a diferencia de los existentes proporciona una estructura en conjunto ultra ligera, totalmente portable y segura, lo que es muy solicitado cuando se requiere el traslado de los hornos o estufas a comunidades muy inaccesibles, además de resultar muy económica de fabricación y de diseño agradable para el usuario.

15 La cámara de combustión ajustable es apropiada para destinar la cantidad exacta de combustible para la cocción de diferentes tipos de alimentos.

El recubrimiento y protección térmica se logra con la disposición de una cámara de aire entre la cámara de combustión y recubrimiento ligero ya sea de madera, plástico o lamina, separadas mediante un elemento de sujeción, estos elementos son apreciados en las figuras que se anexan.

20 El fogón puede utilizarse con o sin las patas de acuerdo a la conveniencia del usuario

1/5

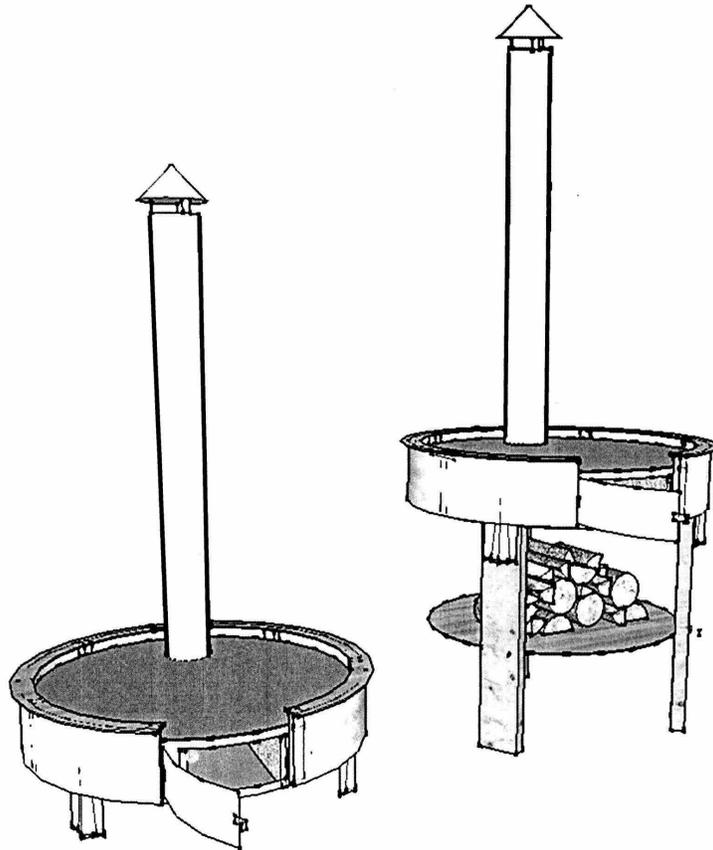


Figura 1

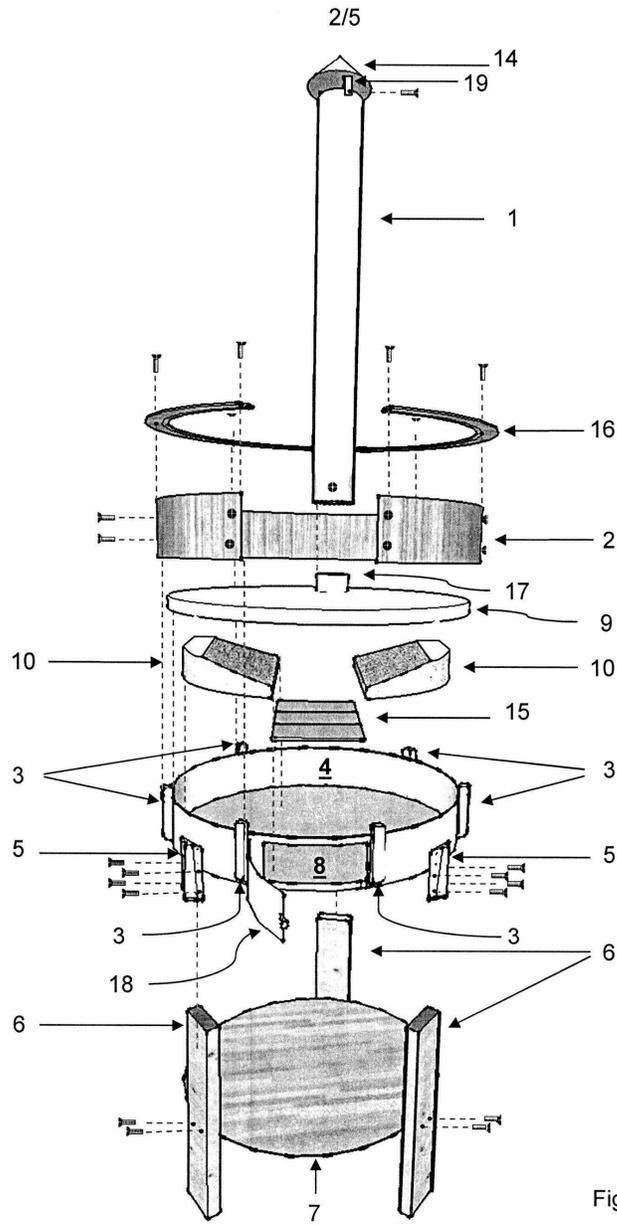


Figura 2

3/5

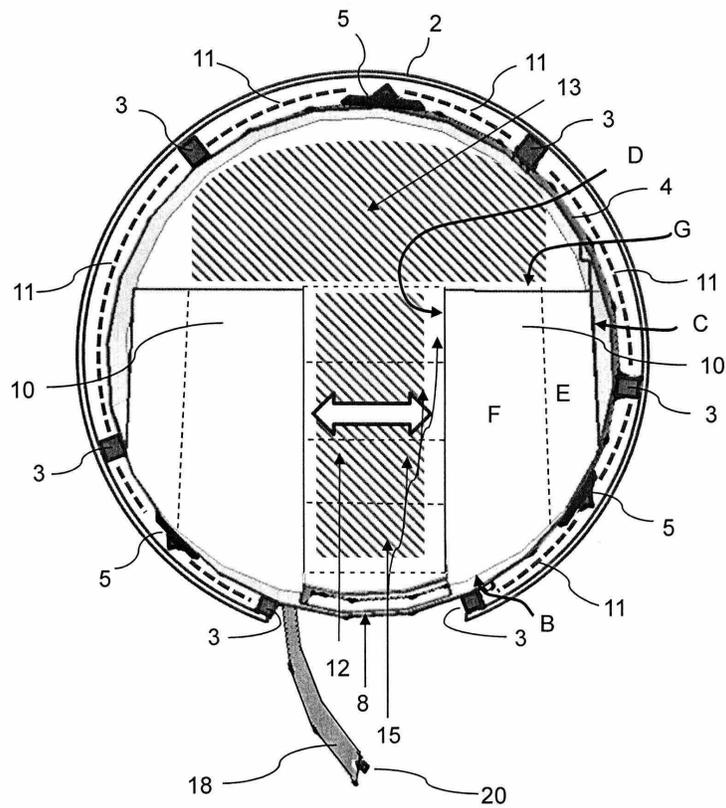


Figura 3