



UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS

**INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN E
INNOVACIÓN EN ENERGÍAS
RENOVABLES**

TESIS

**“DESARROLLO DE UNA ESTUFA ECOLÓGICA
MULTIFUNCIONAL LEÑA-BIOGÁS”**

TESIS PARA LA OBTENCIÓN DE GRADO DE:

**MAESTRO EN MATERIALES Y SISTEMAS ENERGÉTICOS
RENOVABLES**

AUTOR:

FIDEL EURÍPIDES ANTÚNEZ COLLINS

DIRECTORES:

Dr. Neín Farrera Vásquez

Dr. Joel Moreira Acosta

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, mayo 2019



UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas
23 de mayo de 2019
Oficio No. DIP/0341/2019

C. Fidel Eurípides Antúnez Collins
Candidato al Grado de Maestro en Materiales
y Sistemas Energéticos Renovables UNICACH
Presente

En virtud de que se me ha hecho llegar por escrito la **opinión favorable** de la Comisión Revisora que analizó su trabajo terminal denominado **"Desarrollo de una estufa ecológica multifuncional leña biogás"**, y que dicho trabajo cumple con los criterios metodológicos y de contenido, esta Dirección a mi cargo le **autoriza la impresión del documento** mencionado, para la defensa oral del mismo, en el examen que Usted sustentará para obtener el **Grado de Maestro en Materiales y Sistemas Energéticos Renovables**.

Se le pide observar las características normativas que debe tener el documento impreso y entregar en esta Dirección un tanto empastado del mismo.

Atentamente

"Por la Cultura de mi Raza"



Dra. Magnolia Solís López
Directora



C.c.p. Expediente
*MSL/rag

Ciudad Universitaria. Lib. Norte Poniente núm. 1150
Colonia Lajas Maciel, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México
C.P. 29039 Tel: (01 961) 61 70 440 Ext. 4360
investigacionyposgrado@unicach.mx

Agradecimientos

Al Creador de vida.

Al Dr. Moreira que me enseñó que los valores y principios NUNCA se niegan ni se negocian.

A mis Padres. A mi hijo. Por su apoyo y paciencia.

A mis dos hermanos ausentes y los dos presentes. Por mostrarme la fragilidad de la vida.

A la Maestra Yanhsy Hernández Portillo, a los Doctores Neìn Farrera Vázquez y Pascual López de Paz. Por su apoyo incondicional.

A los Investigadores, personal administrativo y estudiantes del IIIER. En especial a Rosy por ser ejemplo de lucha personal. A Adrianita, Mixzy y Yamileth por su gran ayuda.

Al Posgrado de Materiales y Sistemas Energéticos Renovables por brindarme la posibilidad de haberme formado, en especial a su Coordinador Dr. José Francisco Pola Albores.

A mi Patria. México, y su sistema de Educación Pública.

A mis limitaciones. Que me obligan a superarlas.

.



Índice General

Resumen	1
Capítulo 1.	3
1.1 Problemática	3
1.2 Objetivo General	5
1.3 Objetivos específicos	5
Capítulo 2. Antecedentes	7
2.1 Uso de estufas ecológicas de leña en México y otros países.	8
2.2 Estufas ecológicas que usan biogás	14
2.2.1 Caso de éxito: Nepal	15
2.2 Generación de Biogás y su importancia para México.	17
2.3 Diseño de un quemador para biogás.	18
2.4 Conclusión	21
Capítulo 3. Marco teórico	24
3.1 Combustión de la leña.	24
3.2 Combustión del biogás.	27
3.3 Secado de productos.	29
3.4 Curva característica T-t de una estufa ecológica.	31
Capítulo 4. Metodología	34
4.1 Diseño	34
4.1.1 Primer modelo ENERCHÍA modificado	37
4.1.2 Segundo modelo ENERCHÍA modificado (Multifuncional)	37
4.1.3 Consideraciones y criterios de diseño.	39
4.1.4 Proceso del diseño.	43
4.1.5 Componentes Físicos.	45
4.1.6 Subsistemas de aprovechamiento integral de la energía.	46
4.2 Construcción	46
4.3 Evaluación	48
4.3.1 Evaluar el sistema de calentamiento paralelo de agua y generación de vapor.	49
4.3.2 Evaluar el sistema de calentamiento de aire para calefacción.	50
4.3.3 Evaluar el sistema de ahumado de productos.	50



Capítulo 5. Resultados.	53
5.1 <i>Diseño</i>	53
5.1. 2 Elementos de construcción propuestos.	58
5.2 <i>Construcción</i>	58
5.3 <i>Evaluación.</i>	70
5.3.1 Estufa Leña/ Biogás	73
5.3.2 Sistema de secador de productos alimenticios	76
5.3.3 Secado de carnes.	76
5.3.4 Secado de verduras y frutas.	79
Capítulo 6	86
6.1 <i>Conclusión</i>	86
6.2 <i>Trabajo a futuro</i>	87
Anexo 1.	89
<i>Problemática por el uso de la leña</i>	89
Problemas sociales	89
Problemas ambientales	92
Problemas económicos	93
Anexo 2.	94
<i>Modelos de estufas ecológicas desarrolladas en México.</i>	94
Anexo 3.	96
<i>Implementación de estufa Enerchía</i>	96
ANEXO 4.	110
<i>Modelo de estufas funcionales registrado con patentes, US20160370011A1, Modelo de Utilidad No.3219 IMPI</i>	110
BIBLIOGRAFÍA	112



Resumen

Este trabajo es una propuesta de solución a la problemática relacionada con el uso de la leña para la cocción de alimentos en aproximadamente el 70% de las viviendas del sur sureste del país.

Para lo cual, se diseñó, construyó y evaluó un dispositivo que permite el aprovechamiento integral de la energía generada producto de la combustión de la leña, con integración del biogás obtenido de un proceso anaeróbico de los desechos animales y agrícolas disponibles en las comunidades rurales.

Esta estufa ecológica tiene como característica distintiva, además de una superficie de transferencia térmica para la cocción de alimentos, elementos tales como: Secador de productos, calentador de agua interno en la cámara de combustión, generador de vapor y calentador de aire, así como un innovador sistema de mejoramiento del proceso de combustión.

Para la evaluación del dispositivo se utilizaron procedimientos establecidos a nivel nacional, internacional y propios, los cuales arrojaron los siguientes resultados fundamentales: Un dispositivo híbrido leña-biogás de características funcionales con mejor desempeño que la estufa básica (únicamente leña); un secador de productos alimenticios (carnes, frutas y verduras) que mejora la calidad y disminuye el tiempo de secado en comparación con el secador tradicional (secado a la intemperie); una significativa mejora de la eficiencia total por medio de un conducto tubular metálico acoplado a la parte inferior de la cámara de combustión para el suministro de exceso de aire.

Sin duda alguna, el desempeño obtenido por este dispositivo, unido a su bajo costo y potencial aceptación social, será la base fundamental para su futura introducción a gran escala. No solo satisface necesidades energéticas más allá de la cocción de alimentos, sino también crea una nueva cultura de aprovechamiento de los potenciales energéticos disponibles en las comunidades, como es el caso del biogás.

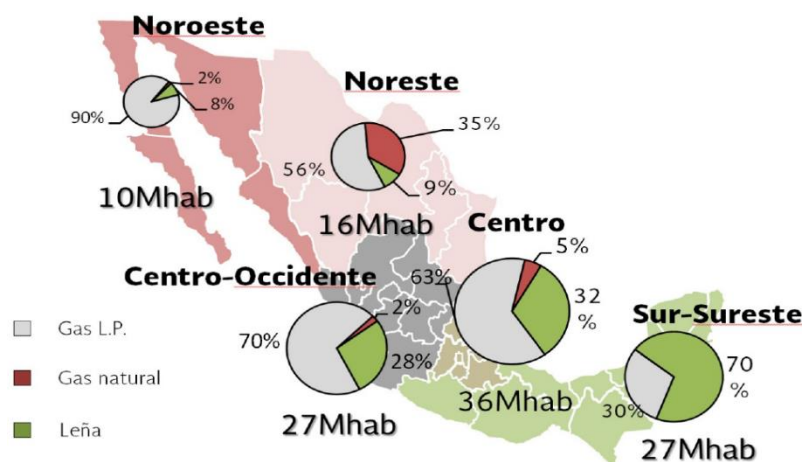


CAPITULO 1. PROBLEMÁTICA

Capítulo 1.

1.1 Problemática

En México, más de 28 millones de personas hacen uso de la leña para la cocción de alimentos y calefacción. A diferencia de las demás regiones del país, según la Secretaría Nacional de Energía (SENER) en el sur- sureste más del 70% de la población utiliza este recurso (Fig. 1.1), en estados como Chiapas según el CONEVAL 2016, aproximadamente 545 621 familias aún carecen de las tecnologías adecuadas para disminuir el uso de este biocombustible para las actividades mencionadas y consigo evitar problemas sociales, ambientales y económicos de estas comunidades (ver anexo 1).



Fuente: SENER. Estrategia Nacional de Energía 2013-2027.

Fig. 1.1 Uso de la leña en México

Para dar solución a esta problemática se han desarrollado diversos dispositivos a los cuales se han llamado estufas ecológicas (ver anexo 2). Modelos de estufas ecológicas desarrolladas en México). Donde la terminología eco se fundamenta por el ahorro de leña, extracción de los gases dentro del recinto generados por la combustión y por los bajos costos del dispositivo. Todos estos dispositivos han tenido en menor o mayor medida diversos niveles de sostenibilidad.

Uno de los dispositivos de aplicación exitosa ha sido la estufa ecológica ahorradora de leña Enerchía, desarrollada por un grupo de investigadores y alumnos del Centro



de Investigación y Desarrollo en Energías Renovables (CIDTER), actualmente Instituto de Investigación e Innovación en Energías Renovables (IIER). Su amplia aceptación social ha permitido la implementación en aproximadamente 3,000 viviendas (ver anexo 3), caracterizándose por tener una cámara de combustión circundada por una triple capa de material aislante donde la última de ellas es la madera, la cual también actúa como contenedor, así como una superficie de transferencia térmica con capacidad de cocción de alimentos básicos como maíz y frijol en forma simultánea.

A pesar de la eficiencia, alta aceptación social y factibilidad económica del modelo Enerchía y de otros modelos exitosos implementados en el país aún existen una serie de problemáticas dentro de las que se destacan:

Primero, no se aprovecha de forma integral la energía generada producto de la combustión de leña lo cual implica pérdidas significativas y baja eficiencia total.

Segundo, Poca o nula utilización de la biomasa o materia orgánica existente en las comunidades rurales producto de los desechos animales y residuos de actividades agrícolas para la generación de biogás a través de un proceso anaeróbico, el cual puede servir como combustible para necesidades termo-energéticas.

Tercero, En la actualidad no existe una tecnología de estufa ecológica que integre en un mismo un dispositivo el uso de leña y biogás.

Cuarto, Suministro insuficiente de exceso de aire que implica baja eficiencia en el proceso de combustión de la leña.



1.2 Objetivo General

Diseñar, construir y evaluar una estufa ecológica leña-biogás que aproveche de forma integral la energía calorífica generada.

1.3 Objetivos específicos

Diseñar un dispositivo que permita la cocción de alimentos mediante del uso combinado de leña-biogás y que además integre elementos tales como: Secado de productos, Calentamiento de agua, Calentamiento de aire para calefacción, Generación de vapor, así como un aditamento para la mejora del proceso de combustión.

Construir el dispositivo en función de los parámetros de diseño.

Evaluar el desempeño de la estufa ecológica en función de las normas nacionales e internacionales, así como un procedimiento propio que considere las innovaciones aportadas.



CAPITULO 2. ANTECEDENTES



Capítulo 2. Antecedentes

La historia de la humanidad está llena de incógnitas sin resolver. Determinar cuándo fue que el hombre descubrió la técnica para controlar el fuego y su aplicación en la cocción de alimentos parece tarea imposible. 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. Los vegetales, caracoles, gusanos, cochinillas, lagartijas, ratones, ratas, pescados, crustáceos, todos ellos consumidos en crudo, constituían su dieta alimenticia [23]. El Homo Erectus o Pitecántropo (Hace un millón de años) suele considerársele como el primer representante de nuestro género humano, conoció el uso del fuego y fabricó la primera hacha de mano, aunque hoy sabemos que ciertos australopitecos anteriores poseían numerosos rasgos semejantes y que también labraban utensilios. (Cultura abbevillense). El primer «Homo Erectus» encontrado (en 1891) fue el famoso hombre de Java [24].

Se especula que en la primera técnica que utilizó el hombre para la cocción de alimentos, el fuego calentaba las piedras de la fogata, las cenizas y las brasas eran barridas a continuación y finalmente sobre las piedras limpias se colocaban los alimentos para ser cocinados, en otros hallazgos arqueológicos aparecen piedras frecuentemente astilladas por el calor. Para ellos 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 [24].

De alguna forma, este cambio en los hábitos del hombre prehistórico, dio origen a la civilización moderna. Cambiar de nómadas al sedentarismo le permitió desarrollar nuevas habilidades y herramientas. Sin embargo, la costumbre de cocinar utilizando tres piedras se ha conservado hasta nuestros días, lo que ha traído como



consecuencia un detrimento social, económico y ambiental a nivel mundial, y principalmente en las clases más desprotegidas de los países en desarrollo. Es de interés en este capítulo, analizar los esfuerzos realizados a nivel nacional e internacional respecto al uso de combustibles sólidos y gaseosos en los sistemas actuales de cocción de alimentos que utilizan leña o biogás o una combinación de estos, con el fin principal de identificar las problemáticas de cada tecnología.

2.1 Uso de estufas ecológicas de leña en México y otros países.

El uso de la madera como combustible para la manufactura de alimentos es una realidad para la mayoría de las comunidades rurales. Mientras que las estufas ecológicas se consideran como dispositivos sencillos, sus efectos ambientales, en la salud y economía doméstica y regional a menudo han sido complejos y de largo alcance [25]. Aproximadamente 27 millones de personas de la población rural en México todavía usa biomasa para cocinar [25], donde la leña representa aproximadamente el 80% de la energía utilizado por los hogares rurales y el 50% del uso total de energía en comunidades rurales [26].

El inicio de la investigación sobre estufas mejoradas se remonta a los años 50's; las siguientes décadas fueron testigo de programas de campo a gran escala centrados en aumentar la eficiencia de ciertos diseños de estufas. 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 (Figuras 2.1,2.2,2.3 y 2.4). En resumen, se han intentado muchos enfoques para la introducción de estufas mejoradas, con algunos éxitos y muchos fracasos y México no es la excepción [1].



Fig. 2.1. Estufa rural Chantli, de Mexalit Industrial.



Fig. 2.2. Estufa Ecológica Reforestación, Cacalomacan. Imagen: Armando Enríquez Romo.



Fig. 2.3. Modelo de estufa ecológica Lorena.



Fig. 2. 4. Modelo de estufa ecológica. Móvil.

Por esta razón, se han realizado estudios serios y se han expuesto en congresos y reuniones internacionales, en donde uno de los logros es la estandarización de las

pruebas de eficiencia en 1982, como es el “Estándar internacional provisional de pruebas de eficiencia de estufas para cocinar con combustibles leñosos” [3]. El planteamiento original fue la de reducir las afectaciones a la salud y la deforestación, así como las respectivas implicaciones económicas, medio ambientales y sociales. En la actualidad es importante combinar los conceptos de diseño, combustión y participación activa de los usuarios finales para lograr que las estufas solucionen realmente los problemas y sean aceptadas. Así mismo, se ha reconocido que no sólo las estufas, sino las técnicas de cocción son de suma importancia para lograr eficiencia en el consumo de la leña. Existen muchos tipos de eficiencias tales como: eficiencia de transferencia de calor eficiencia del recipiente, eficiencia de control, entre otras. Como resultado de la revisión bibliográfica, se destacan los esfuerzos realizados en el Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Energías Renovables (CIDTER) de la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas (UNICACH) al respecto, ya que, a partir de materiales y costumbres de construcción de fogones tradicionales se crearon modelos básicos los cuales se diseñaron y fabricaron considerando diferentes parámetros que satisficieran necesidades y condiciones al cocinar de la población local y principalmente de transferencia de calor. (Fig. 2.5. Y 2.6.). Además, se busca integrar a ellos dispositivos multifuncionales para el aprovechamiento máximo de la energía generada.



Fig. 2.5. Estufa ecológica Lekij Va.



Fig. 2.6. Estufa ecológica Enerchía

En México se han realizado algunos programas de difusión de este tipo de dispositivos tanto en el ámbito nacional como regional. La difusión se ha concentrado en modificaciones al diseño conocido como “Lorena”, diseño surgido en Guatemala, denominada así por los materiales utilizados para su elaboración: lodo y arena. La mayoría de estos programas comenzaron a mediados de los años ochenta, como el programa de estufas rurales de la Secretaría de Agricultura y no alcanzaron los resultados esperados. Las causas más comunes fueron: no entender las prioridades de los usuarios, enfocar los programas de difusión de estufas a sólo programas de “construcción” de dispositivos, olvidándose del seguimiento y monitoreo de ellos. En muchos casos, la relación con los usuarios y el propio diseño técnico de las estufas no fue el apropiado [5]. Las estufas deben ser apropiadas para realizar varias tareas (calentar, hornear, freír) y permitir la preparación de alimentos en recipientes de distintas formas (ollas, sartenes, comales). Sin embargo, existen tareas que demandan mayor cantidad de energía o de tiempo al cocinar, en México, como se ha mencionado, la elaboración de tortillas (cocimiento del nixtamal y la elaboración propia de tortillas) es el uso con mayor demanda de energía, aproximadamente el 57% [5].



Fig.2.7. Mapa de ubicación de estudios de casos en México. Fuente: Iván Cumana. Mapa UNAM-CIECO.



Fig. 2.8. Áreas de difusión de la estufa Patsari (Círculos Amarillos) y municipios con uso extensivo de leña en México (rojo). Fuente: Proyecto Patsari GIRA-UNAM.

Una de las primeras estufas mejoradas fue la "Magan Chulha", introducida en India en 1947. Entre los programas de disseminación de estufas mejoradas más importantes destacan "The Chinese National Improved Cookstove Program"



(CNISP), considerado como el programa más exitoso, cerca de 185 millones de estufas implementadas entre 1982 y 1998, aproximadamente 90% de todos los hogares rurales en China (Smith et al., 1994), también destaca “The Indian National Program of Improved Chulhas”, que inició en 1983 y continuo hasta el 2000, logrando la implementación de más de 30 millones de estufas mejoradas. Desde hace más de 10 años existen numerosos programas tanto en Asia, África y América Latina, aunque sin tanto impacto como los programas de China e India, sin embargo, en los últimos años ha cobrado fuerzas nuevamente en el ámbito internacional. Ha surgido una “cruzada” global sobre estufas de leña eficientes y limpias, ahora impulsada fuertemente por los aspectos relacionados con la salud de los usuarios (Bruce et al., 2000). Prueba de este creciente interés son el Programa de Energía Doméstica (Household Energy Program) de la Fundación Shell y la Asociación para el Aire Limpio (Partnership for Clean Indoor Air) surgida en la Cumbre Mundial para el Desarrollo Sustentable en Johannesburgo en 2002 [5].

2.2 Estufas ecológicas que usan biogás

Este biocombustible es una mezcla de gases donde principalmente se encuentra presente el metano y el dióxido de carbono, la capacidad energética viene dada por el porcentaje de metano presente en la mezcla, considerando una mezcla de 60% metano y 40% dióxido de carbono, una densidad de 1.16 Kg/m³ y un peso molecular de 27.22 g/mol, se obtiene un poder calorífico entre 16.23 – 22.7155 MJ/Kg [4]. Las estufas que funcionan con plantas de biogás pueden ofrecer numerosos beneficios sobre las prácticas de cocción tradicionales: 1) mitigación de enfermedades parasitarias mediante la eliminación de estiércol defecado a cielo abierto; 2) reducción en contaminación del aire en el hogar; 3) sustitución de combustible para leña, reduciendo el tiempo de recolección de esta y aliviando la deforestación en bosques locales; 4) la combustión de metano reduciendo las emisiones de éste, eliminando este gas de efecto invernadero que tiene una potencial de calentamiento mayor a 23 veces que el CO₂; 5) generación de fertilizante (lodo de biogás) que es



más potente y de mayor calidad que los fertilizantes convencionales, lo que puede conducir a mayores rendimientos en la producción de alimentos [6].

En países desarrollados, El uso de biogás para generación de energía calórica y eléctrica se ha vuelto práctica común, aunque enfocada mayoritariamente a los sectores industriales y comerciales; por lo contrario, en los países en desarrollo se han implementado programas masivos para llevar esta tecnología a zonas rurales, principalmente, destacan entre ellos China, India y Nepal. Respecto a México, el interés por desarrollar esta tecnología por parte de los sectores privados y gubernamentales ha sido mínimo y en la mayoría de las regiones completamente nulo, a pesar del gran potencial que tiene el país debido a condiciones climatológicas y geográficas para aprovechar los desechos orgánicos.

2.2.1 Caso de éxito: Nepal

Por ejemplo, el Programa de Apoyo al Biogás de Nepal, que estableció más de 37,000 plantas de biogás de 1992 a 1998 (Fig. 2.8), sirviendo a más de 200,000 personas. Se instalarán 80,000 unidades adicionales en los próximos años (Fig. 2.9).

En 1992 el Gobierno de Nepal junto con el Gobierno de los Países Bajos realizó actividades de apoyo comprometidas para promover el uso de biogás en Nepal. El Programa de Apoyo al Biogás (BSP) fue iniciado por la Organización de Desarrollo de los Países Bajos, (SNV), con el objetivo de promover un uso a gran escala del biogás como sustituto de la leña, residuos agrícolas, estiércol de animales y queroseno que se utilizan generalmente para cocinar e iluminar en la mayoría de los hogares rurales; la creciente demanda de leña, residuos agrícolas y estiércol, por la población en rápido crecimiento de Nepal, aceleró la tasa de deforestación, la degradación del suelo y el deterioro ambiental general. Además, el uso de combustibles de biomasa y queroseno ha afectado significativamente la salud, el bienestar y la seguridad, especialmente de mujeres y niños que con mayor frecuencia están expuestos a humos tóxicos asociados con el uso de estos

combustibles y también están sujetos a peligro personal cuando se recolecta combustibles de biomasa [8].



Fig. 2.8 Instalación de un biodigestor en Nepal.



Fig. 2.9 Estufa de Biogás en Nepal.



2.2 Generación de Biogás y su importancia para México.

La importancia del Biogás, radica en el hecho de que México se proyecta ya como un país deficitario en la producción de gas LP, entonces, una de las alternativas más viables es invertir en el Biogás que puede producirse en los llamados rellenos sanitarios, en donde existe una gran cantidad de desechos orgánicos húmedos, que son elementos básicos en la producción de metano y bióxido de carbono, y que desafortunadamente son desaprovechados. En una micro escala, cada hogar rural en nuestro país, tiene la capacidad de generar suficiente biogás con la diversidad de desechos orgánicos que se generan para cubrir sus necesidades energéticas primarias.

El biogás es un gas combustible que se puede obtener a partir de la biomasa, tal como son los desechos de humanos y de animales, residuos agrícolas, aceite de palma y plantas acuáticas. Este gas puede ser utilizado, por ejemplo, como combustible para motores que mueven una bomba de agua, en alumbrado y en la cocción de alimentos. El mecanismo predominante para la conversión de la biomasa en biogás es la conversión bioquímica o digestión de biomasa orgánica que debe entenderse como un proceso natural que involucra varios procesos bacterianos y enzimáticos simultáneamente.

El método más común de producción de biogás es la digestión anaeróbica en un tanque cerrado llamado 'biodigestor'. La biomasa se mezcla en el digestor con agua para formar una suspensión, en la cual la digestión anaeróbica se realiza, a grandes rasgos en dos pasos. En el primer paso, llamado licuefacción, la materia orgánica es descompuesta por hidrólisis enzimática y fermentada para producir principalmente ácidos y alcoholes. Seguidamente, en la etapa de gasificación, las bacterias metano génicas rompen los ácidos y los alcoholes, para producir metano y dióxido de carbono, nitrógeno y ácido sulfhídrico [8].



El diseño eficiente de una estufa de biogás depende prácticamente de realizar un buen trabajo en el quemador, a diferencia de las estufas de leña, donde la geometría, los materiales, las proporciones y relaciones entre ellos son muy importantes.

2.3 Diseño de un quemador para biogás.

El mejor uso que se le puede dar al biogás es para cocción de alimentos y para motores de combustión interna, ya que para producción de energía eléctrica se requiere de una infraestructura especializada, Además, tiene el potencial de compensar los costos de energía para cocinar en los hogares, que actualmente está dominado por la biomasa, el Gas Licuado de Petróleo (GLP) y queroseno [10].

En comparación con el gas licuado de petróleo, las necesidades de oxígeno para la combustión del biogás por metro cúbico son menores, Se requieren unos 5.7 litros de aire para combustionar 1 litro de biogás, mientras que para el butano es de 30.9 litros y para propano se requieren 23.8 litros.

El diseño y la fabricación de un sistema de quemador para biogás, requiere de las modificaciones necesarias para cumplir especialmente con una llama estable, para poder realizar las pruebas involucradas en la determinación del rendimiento del sistema [9]. El biogás tiene características específicas que afectan el rendimiento de los dispositivos diseñados para GLP u otros combustibles gaseosos, tiene una densidad energética menor que los combustibles convencionales ($\sim 18 \text{ MJ / kg}$), se suministra a presiones bajas y variables (a menudo menos de 0,5 psi) e incluye vapor de agua y sulfuro de hidrógeno que pueden conducir a una corrosión significativa del electrodoméstico a lo largo del tiempo [9].

Generalmente para el diseño de un quemador de biogás se consideran los siguientes factores presentes en la (Tabla 1), y la composición del biogás representada en la (Tabla 2).

- Diámetro del tubo mezclador.
- Longitud del tubo mezclador.
- Número y diámetro de orificios del puerto de la llama.
- Altura de la cabeza del quemador.

Tabla 2.1 factores para el diseño de un quemador de biogás.

PROPIEDAD	VALOR	UNIDADES
Peso Molecular	27.20	g/mol
Densidad relativa	0.94	N/A
Volumen estequiométrico del aire	5.71	m ³ aire/m ³ biogás
Volumen de humos húmedos	6.71	m ³ hh/m ³ biogás
Volumen de humos secos	5.51	m ³ hs/m ³ biogás
Volumen de agua	1.20	m ³ HO ₂ /m ³
Volumen de CO ₂	1.00	m ³ CO ₂ /m ³
Porcentaje máximo de CO ₂	18.14	m ³ CO ₂ /m ³
Poder calorífico inferior	20.37	MJ/m ³ biogás
Poder calorífico superior	22.64	MJ/m ³ biogás
Índice de Wobbe inferior	20.99	MJ/m ³
Índice de Wobbe superior	23.36	MJ/m ³
Temperatura de rocío	330.81	K
Temperatura adiabática de llama	.1.872	K
Velocidad de deflagración V ₁	0.25	m/s
Energía mínima de ignición EMI	464.98	KJ

Tabla 2.1 Composición del biogás.

En la Fig.2.10. Se muestran algunos de los diseños más utilizados.

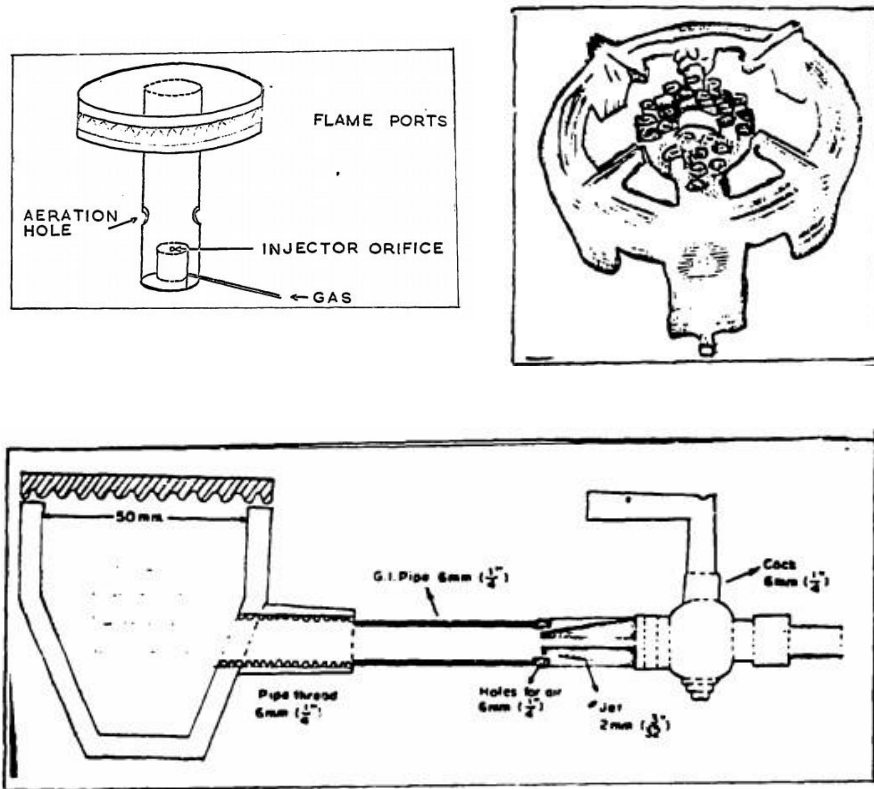


Fig.2.10. Modelos de quemadores para biogás.

2.4 Conclusión

Las Estufas Ecológicas Ahorradoras de leña son una opción real para ayudar a elevar el nivel de vida de los habitantes de comunidades rurales en el ámbito económico, social, y principalmente el referente a la salud, así como contribuir a la reducción en el consumo de leña evitando agravar la deforestación actual. La mayoría de los modelos desarrollados cumplen, en diferentes porcentajes, con este objetivo básico durante la cocción de alimentos. Sin embargo, hasta el momento no se ha aprovechado en forma integral la energía generada en el proceso de combustión. Por otra parte, tampoco se ha integrado un combustible gaseoso (biogás) a los modelos de estufas ecológicas ahorradoras de leña actuales, por



consecuencia no existen antecedentes al respecto. En este trabajo, se propone la integración de estos dos combustibles (leña – biogás) para crear un innovador dispositivo que logre utilizar ambos recursos energéticos renovables en forma conjunta o independiente, y paralelamente aprovechar al máximo la energía generada en forma de calor mediante diversos aditamentos que logren realizar diferentes funciones por ejemplo: generar vapor como auxiliar en el tratamiento de enfermedades respiratorias y cocción de alimentos, generación de aire caliente para calefacción, calentamiento de agua sanitaria, secado de productos agrícolas, y ahumado de productos agrícolas y cárnicos, por citar algunos, para su conservación.

La integración multifuncional de estos aditamentos al modelo básico es resultado de la experiencia adquirida durante la participación en proyectos de instalación de estufas ahorradoras de leña en diferentes comunidades marginadas del Estado de Chiapas, donde la amabilidad de los pobladores nos permitió conocer sus usos y costumbres, pero especialmente necesidades específicas dictadas en su mayoría por la severidad o en su caso, la bondad del medio ambiente. En lo referente a los aditamentos (quemadores) para biogás mostrados, el 100% de ellos están diseñados y construidos en países donde el biogás ha sido utilizado desde hace muchos años, logrando una experiencia para crear nuevos modelos y hacer modificaciones a los ya existentes. En México se ha optado por modificar los quemadores de una estufa diseñada para combustionar gas LP, lo que ha permitido utilizarlas sin ningún inconveniente, sin embargo, como se mostrará en el Capítulo de Resultados, los quemadores utilizados en los miles de puestos de antojitos tradicionales mexicanos, pueden ser utilizados sin ningún problema en cualquier estufa ecológica en forma independiente o integrada al dispositivo.



CAPITULO 3. MARCO TEÓRICO



Capítulo 3. Marco teórico

En este capítulo se explican conceptos y fundamentos físicos, químicos, procesos físico-químicos, metodológicos y termodinámicos que soportan éste escrito y que sentarán las bases para continuar este trabajo a futuro. Específicamente se tratará todo lo relacionado con la combustión de la leña y del biogás, así como los procesos de secado de productos agropecuarios.

3.1 Combustión de la leña.

La combustión es un proceso a través del cual se transforma la energía química contenida en un combustible a energía térmica en presencia de oxígeno, esta requiere tres elementos: el combustible, un oxidante y una fuente de calor. Cuando estos tres elementos se combinan en el entorno apropiado, la combustión ocurrirá. Si cualquiera de los elementos se elimina, la combustión se detiene.

La energía fotosintética almacenada en la leña es liberada y convertida en calor, radiación infrarroja, luz y otras formas de energía durante la combustión. Los principales componentes de la madera son la lignina, celulosa y hemicelulosa, todos ellos formados de átomos de carbono, hidrógeno, nitrógeno y oxígeno, conteniendo porcentajes promedio de carbono (47%-48%), hidrógeno (6%-6.5%), nitrógeno (0.5%-0.15%) y oxígeno (46%-47%) además de contener un alto porcentaje de agua (humedad mínima de 20 %), minerales, aceites y otros componentes. Podemos comparar la macroestructura de la madera con la de la fibra de vidrio. La lignina cumple la función de la resina y la celulosa la de la tela de fibra de vidrio.

En la combustión de la leña, la madera es obviamente el combustible, el aire es el oxidante y la fuente inicial de calor suele ser la llama de un fósforo o encendedor. Cuando se quema madera para la producción de calor, se desea una combustión



completa. Esto significa que todo el hidrógeno en la madera se convierte en agua y todo el carbono es transformado en dióxido de carbono. La combustión de la madera se puede dividir en tres procesos principales:

- **Pre calentamiento y evaporación:** la madera se calienta para evaporarse y eliminar la humedad. Como la vaporización roba la energía térmica del proceso de combustión, baja la temperatura en la cámara de combustión, lo que ralentiza el proceso de combustión [12]. Esto hace que el contenido de agua en la madera sea un factor muy importante. La leña con un alto contenido de humedad es difícil de encender.
- **Gasificación:** cuando se calienta a temperaturas superiores a 300 ° C, la leña emite componentes gaseosos (componentes volátiles como CO, H₂, CH₄ y otros) y sólidos carbono (carbón). A 500 ° C, alrededor del 85% en peso de la sustancia de madera se convierte en compuestos gaseosos [13]. T... Estos compuestos gaseosos contienen entre 50 y 60 por ciento del valor calorífico de la madera.
- **Combustión:** después de liberar los gases volátiles, el material restante es carbón. Cuando la temperatura es lo suficientemente alta, ocurre la combustión en llamas de los gases volátiles liberados y la oxidación del carbón

Existen numerosos contaminantes como resultado de la combustión de la leña. Además de las emisiones de la combustión de la madera también se pueden encontrar como óxidos nitrógenos (NO_x), óxido nitroso (N₂O), óxidos de azufre (SO_x), metales pesados, PCDD / PCDF1, etc.

Las emisiones de la combustión de la madera se pueden dividir en dos grupos: emisiones completas combustión (contaminantes oxidados) y emisiones de la



combustión incompleta (no combustionados). Todos los contaminantes mencionados anteriormente pertenecen al primero de estos grupos. Como se mostrará más adelante, las emisiones de partículas pueden originarse tanto en combustiones completas como incompletas. Cuando la combustión es eficiente, casi todo el material orgánico se convierte a dióxido de carbono y agua, y se forman pocas partículas (en su mayoría partículas inorgánicas). Por el contrario, durante condiciones de combustión deficientes, muchas partículas de la combustión incompleta se originan aumentando drásticamente la cantidad total de partículas emitidas (ahora mayormente condensadas) materia orgánica). Este es un problema significativo para la combustión de madera residencial, ya que este tipo de aparatos generalmente no funcionan bien.

Además de las partículas emitidas directamente del proceso de combustión (partículas primarias), las partículas secundarias pueden originarse en la atmósfera como resultado de transformaciones físicas o químicas a partir de precursores emitidos como contaminantes gaseosos. Los cuatro precursores primarios de las partículas secundarias son dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno, amoníaco y compuestos orgánicos volátiles (VOCs).

Cuando hay suficiente oxígeno disponible, la combustión en la temperatura de la cámara es el factor más importante debido a su influencia exponencial en velocidades de reacción como se describe por la ecuación de Arrhenius:

$$k = A \exp\left(-\frac{E_a}{RT}\right) \quad (1)$$

k constante de velocidad de una reacción elemental

T temperatura absoluta



R constante de gas

Ea energía de activación

A Un factor pre exponencial

Los dispositivos para la combustión de leña a pequeña escala, como las estufas ecológicas, generalmente no funcionan bien, siendo el alto nivel de emisiones de combustión incompleta su principal problema ambiental.

3.2 Combustión del biogás.

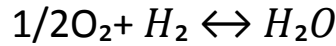
El biogás se compone típicamente de un promedio de 50-75% de metano y 25-50% de carbono dióxido con trazas de vapor de agua, sulfuro de hidrógeno, nitrógeno, oxígeno y amoníaco [14]. El metano en el biogás reacciona con el oxígeno en el aire y desencadena una serie de pasos en los que la saturación compuestos (aquellos con un número neto de valencia cero) de dióxido de carbono y agua son los principales y productos preferidos. Otros productos en cantidades significativas incluyen H_2 , O_2 , N_2 , NO_2 , OH y CO .

Estos son solo algunos de los productos, ya que el equilibrio químico requiere una distribución estadística del número infinito de configuraciones moleculares de carbono, hidrógeno y oxígeno [15].

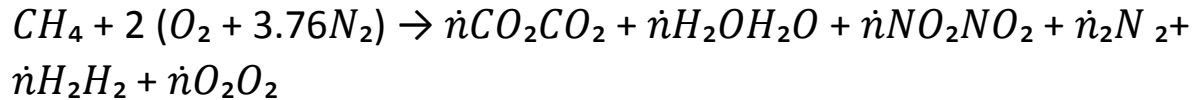
La combustión canónica de metano en aire se puede describir mediante el resumen de reacción a continuación. Las fracciones molares para cada producto son una función de la temperatura y la presión y el resultado de reacciones intermedias, como el ejemplo de formación de agua que se detalla a continuación.



Formación de H₂O:



Resumen de reacción:



Dando un contenido promedio de metano de 60 por ciento molar en biogás y un contenido de oxígeno en el aire de 21 por ciento molar, la relación molar estequiométrica de aire y biogás es de 5,70 a 1.

1 mole de metano / x moles de biogás = 0.6 moles de metano / 1 mole de biogás →
1.67 moles de biogás

2 moles de oxígeno / x moles de aire = 0.21 moles de oxígeno / 1 moles de aire →
9.52 moles de aire

$$\text{moles de aire} / \text{moles de biogás} = \frac{9.52}{1.67} = 5.70$$

El biogás puede utilizarse en los quemadores domésticos sin pre mezcla (difusión) o llamas parcialmente premezcladas. En cualquier caso, una preocupación de la combustión de biogás es el despegue de llama. Este ocurre cuando la velocidad de la mezcla de gas y aire que sale de un puerto es más alta que la laminar a la velocidad de la llama y la retrospectiva ocurre cuando ocurre lo opuesto. La tendencia al despegue aumenta en quemadores de biogás debido al gran porcentaje de gas inerte (dióxido de carbono) en el combustible, que reduce la velocidad de la llama. Cuando ocurre el despegue de la llama, monóxido de carbono



e hidrocarburo sin quemar las emisiones aumentan debido a una combustión incompleta, lo que lleva a una disminución de la eficiencia.

El combustible no premezclado se difunde con oxígeno en la zona de reacción y puede estar con un exceso de aire, que conducen al estiramiento de la llama y a la extensión de la estequiométrica frente de mezcla [16]. Tal estiramiento reduce la velocidad de reacción, así como la velocidad de llama laminar, lo que conduce a una mayor posibilidad de elevación de llama. Las llamas de difusión exhiben un color amarillo debido al predominio de formación de hollín y consecuentemente destrucción en la zona de reacción de CO_2 también presente y Radicales CH [17]. Si el hollín escapa de la zona de reacción, las partículas aparecen como humo.

3.3 Secado de productos.

Se define la velocidad de secado como la pérdida de humedad del sólido húmedo por unidad de tiempo, y más exactamente por el cociente diferencial ($dX/d\theta$) operando en condiciones constantes de secado, es decir con aire a las condiciones de temperatura, humedad y velocidad constantes en el tiempo.

Análíticamente, la velocidad de secado se refiere por unidad de área de superficie de secado, de acuerdo con la ecuación:

$$W = \frac{S}{A} \left(\frac{dX}{d\theta} \right) \quad (2)$$

Dónde:

S = Peso del sólido seco.

A = Área de la superficie expuesta.

W= Velocidad de secado.

($dX/d\theta$) = Diferencia de humedad con respecto al tiempo

Humedad en base seca.



Una vez obtenidos los pesos de las muestras a diferentes tiempos y los gramos de MCS, se procede a calcular el contenido de humedad en base seca, X (g). ($H_2O/gMCS$) en los distintos tiempos, utilizando la siguiente fórmula:

$$X = \frac{(MH)-(S)}{S} \quad (3)$$

Dónde:

MH = Gramos de la muestra de material húmedo.

S = Material completamente seco.

Utilizando los datos obtenidos (peso en función del tiempo) y la humedad en base seca, se calcula la velocidad del secado (W).

$$W = \frac{S\Delta X}{A\Delta t} \quad (4)$$

Dónde:

S = Material completamente seco.

A = Área de transferencia.

T = Tiempo.



tipo de alimentos un nivel de temperatura más bajo como por ejemplo mantener el café caliente.



CAPITULO 4. METODOLOGIA



Capítulo 4. Metodología

En este capítulo se establecen los procedimientos a seguir para realizar el diseño, construcción y evaluación de la estufa ecológica multifuncional leña-biogás.

4.1 Diseño

Para realizar el diseño de la estufa ecológica multifuncional leña-biogás se utilizará el programa CAD (Computational Assistant Design,) SOLIDWORKS. El cual nos permitirá tener los dibujos, esquemas, formas y dimensiones de las diferentes partes y componentes del dispositivo, así como la interrelación y ubicación entre ellos. El dispositivo contará con tres partes importantes; una que tendrá en cuenta la combustión de la leña como combustible sólido; la segunda tendrá en cuenta el dispositivo para la combustión del biogás como combustible gaseoso proveniente de un biodigestor del tipo DM-1 (Ver anexo 5. Biodigestor DM-1). Por último, la integración de diversos aditamentos que permitirán el aprovechamiento integral de la energía térmica generada durante el proceso de combustión.

En la estructura principal o cuerpo de la estufa ecológica multifuncional leña-biogás contará con una cámara de combustión, recinto en la cual ocurrirá el proceso físico fundamental de éste dispositivo que es la transformación de la energía química contenida en los combustibles a energía térmica. Esta cámara de combustión contará con tres paredes aislantes, dos ubicadas a los laterales y una al fondo; una superficie de transferencia térmica o comal ubicada en la parte superior que como su nombre lo indica tendrá como función fundamental, contener y confinar los gases y partículas producto de la combustión, especialmente de la leña, absorber y transferir el calor a los recipientes de cocción de alimentos colocados sobre la misma; un sistema para la entrada de la leña, extracción de los residuos de combustión y entrada de aire; así como, un sistema de salida o escape de los gases hacia el exterior de la habitación, ubicado en la parte trasera del dispositivo para lo cual constará con una chimenea metálica cuadrada de 9 mm de ancho y 1.5 metros de altura como mínimo.



Las tres paredes aislantes serán de iguales dimensiones (26 cm de alto, 65 cm de largo y 9 cm de ancho). Tendrá tres capas aislantes de diferentes materiales, la primera (parte interior) está formada por ladrillo rojo, la segunda de roca volcánica ligera (Tepetzil) y la tercera (exterior) de madera de pino. Las tres capas estarán confinadas en una canaleta galvanizada metálica. El ensamble de las tres paredes en forma de cajón contendrá en su parte superior al comal el cual será de lámina de hierro calibre 10 con dimensiones (28 cm de ancho, 60 cm de largo) en todo su perímetro tendrá soldado un angular de $\frac{1}{2}$ pulgada que permitirá su asentamiento o colocación sobre los bordes de las paredes aislantes laterales, así como de la entrada y la salida formando un sello hermético en la parte superior evitando el escape de los gases. Es importante señalar que estas dimensiones del comal se proponen producto de que permite colocar sobre el mismo dos ollas de 20 cm de diámetro para la cocción simultánea de frijol y maíz, así como espacio suficiente para la elaboración de tortillas, actividad ésta comúnmente realizada en nuestras comunidades, y además, para desperdiciar la menor cantidad de material posible en la lámina de acero de dimensiones 0.90m x 3.05m. Esta cámara de combustión con todas sus partes y componentes será ajustada a cuatro patas de dimensiones rectangulares (7cm x 7cm x 80cm). Esta distancia de 80cm de altura considera la altura de las usuarias, pero puede variar hasta 1.20m.

El dispositivo para la combustión de biogás estará compuesto por dos quemadores; uno que estará colocado en la cámara de combustión y otro en forma externa e independiente. Estos quemadores estarán acoplados a una manguera proveniente de almacenamiento de biogás producido por los biodigestores. El primero será introducido a través de una de las paredes y colocado en el interior de la cámara de combustión y a 5cm de la parte inferior del comal, tendrá una longitud de 20cm con orificios distribuidos en su curvatura media superior a un cm equidistante cada uno. Este tubo será resistente a la incidencia del fuego directo y económicamente aceptable, por lo que se utiliza tubo galvanizado. El segundo quemador de biogás será independiente de la cámara de combustión y tendrá características similares a los comúnmente utilizados en parrillas de gas LP de uso comercial, estará colocado



en la parte central superior de un recipiente circular en cuyo interior se colocarán material aislante que disminuye la pérdida de temperatura.

Los aditamentos acoplados a la estufa para el aprovechamiento integral de la energía emanada producto de la combustión, serán los siguientes: secador de productos agropecuarios, calentador de agua, generador de vapor, calentador de aire y suministrador de exceso de aire.

El secador de productos agropecuarios consistirá de dos parrillas metálicas para uso alimenticio de dimensiones de 30cm x 30cm las cuales se colocarán a una distancia de 35 y 60 cm respectivamente sobre el comal. Estarán sostenidas por una estructura colocada en ambas patas traseras. Esta estructura tiene capacidad para permitir alturas variables en función del producto a secar.

Los elementos internos tales como el calentador de agua, generador de vapor y calentamiento de aire serán de tubo galvanizado e integrados con acoples roscables perfectamente sellados. Estarán al lateral derecho e izquierdo dentro de la cámara de combustión, en aras de no interferir en la colocación de la leña. Estos elementos tendrán acoplados un suministrador de aire o agua respectivamente. Para el caso del aire, éste provendrá de un sistema de almacenamiento de aire a presión o un soplador eléctrico de pequeñas dimensiones. Para el caso de suministro de agua constará de un tanque de 20 litros colocado en la parte superior trasera de la estufa a la altura de 1.2m. El mismo tendrá suministro constante de agua con flotador regulador de llenado y una salida que evitará presión producto a través del conducto metálico que estará acoplado al calentador.

El suministrador de exceso de aire consistirá de un tubo metálico “zintro” de dimensiones de 70cm x 6 cm x 3cm cuya parte superior quedará dentro de la cámara de combustión, separado a 2cm del comal, por donde circulará el aire proveniente del exterior debido al gradiente de temperatura que se creará. Este dispositivo servirá también como retenedor de leña y retardador de flama, beneficiando así el proceso de combustión.



4.1.1 Primer modelo ENERCHÍA modificado

En este modelo solo se integró el subsistema de parrillas para secado. Consta de dos barras metálicas con orificios espaciados atornilladas a la madera en la parte posterior de la estufa. Las parrillas están sostenidas por dos ménsulas las cuales se pueden colocar a diferentes alturas en los orificios espaciados de las barras. Las evaluaciones se hicieron a 30 cm y 45 cm de altura con respecto a la posición del comal.

Respecto a la cámara de combustión se utilizó el quemador colocado en la pared lateral izquierda para el suministro de gas metano (biogás) y se utilizó el metal “Zintro” introducido en la base de la cámara de combustión, distante 15 cm del retardador de fuego para la entrada de aire secundario.

La evaluación de la estufa para biogás, independiente del quemador que está dentro de la cámara de combustión, pero acoplada a este modelo, también se realizó siguiendo los protocolos establecidos.

4.1.2 Segundo modelo ENERCHÍA modificado (Multifuncional)

En este modelo se integraron todos los subsistemas para el aprovechamiento integral de la energía residual; secado de productos, calentamiento paralelo de agua, generación de vapor y generación de aire caliente para calefacción, además de contar con un quemador para biogás y una entrada de aire secundario como los descritos en el primer modelo modificado. En conjunto con este modelo, también se evalúa la estufa para biogás de un solo quemador redondo, siguiendo los protocolos establecidos.

Se realizarán las siguientes pruebas determinadas en el Protocolo Internacional en los tres modelos.

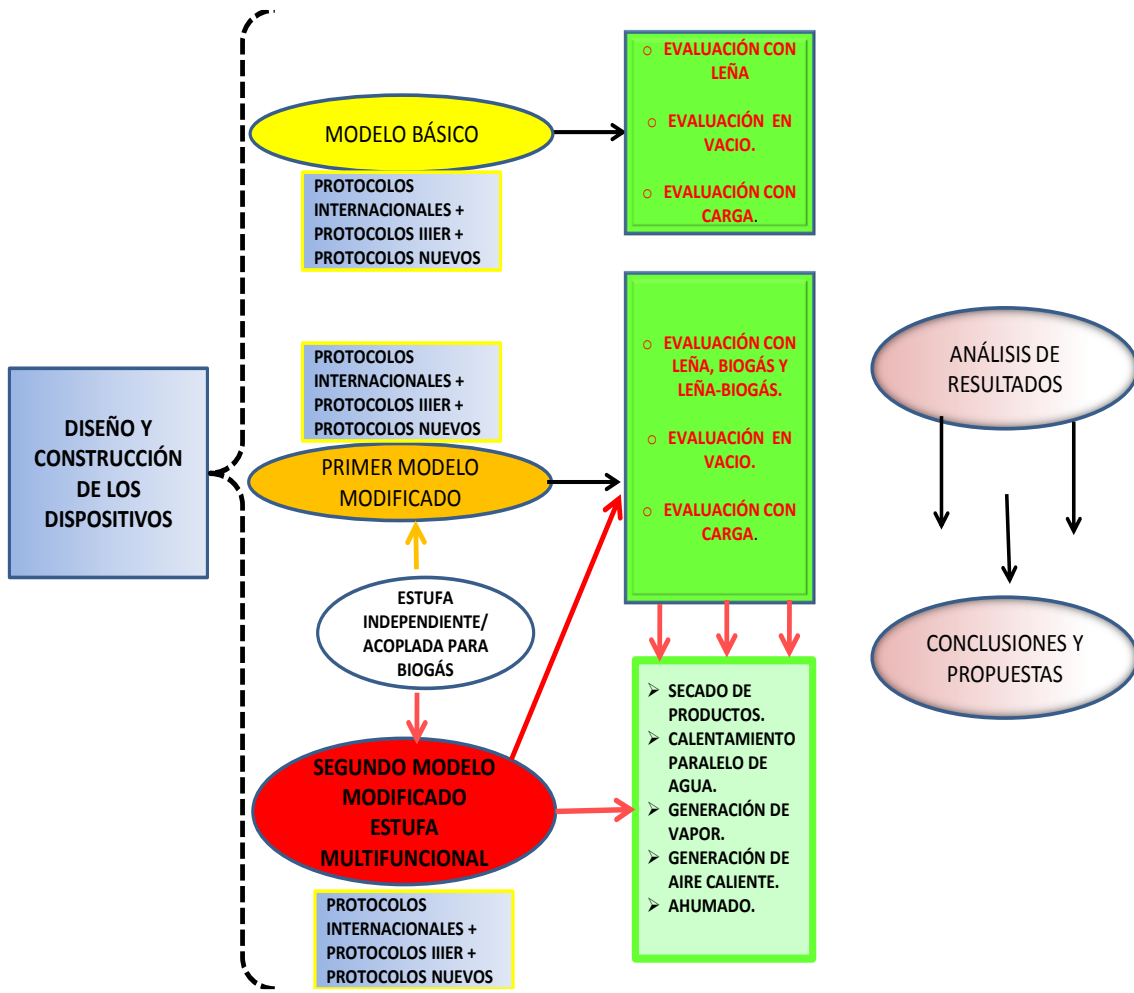
Prueba de Ebullición de Agua (PEA), que mide el tiempo y el combustible necesario para hervir una cierta cantidad de agua bajo condiciones controladas. Esta prueba fue en principio destinada a la fase de diseño para una retroalimentación



relativamente rápida sobre modificaciones del diseño, y pueden no reflejar las condiciones bajo las cuales la estufa se usa para cocinar en las comunidades

Prueba de Cocimiento Controlado (PCC), que mide más apropiadamente el consumo de combustible asociado con el rendimiento de las tareas de una cocina específica, pero es difícil de comparar entre regiones o tipos de alimentos

Prueba de Funcionamiento de Cocina (PFC) que está diseñado para evaluar el consumo familiar de leña en condiciones de uso reales en comunidades locales, pero es más difícil de realizar y requiere más recursos y cooperación de usuarios locales. Los cambios a las versiones anteriores de las pruebas incluían algunos procedimientos menores, como la introducción de una "olla de cocina estándar" y el uso de equipo de medición moderno y económico. En el Esquema (4.1) siguiente se muestra una vista general de la Metodología a seguir



4. 1. Metodología del proceso.

4.1.3 Consideraciones y criterios de diseño.

Para el diseño de los dispositivos se consultó la bibliografía existente respecto a la estufa “enerchía” y otras fuentes. En el caso del modelo que tendrá implementado los sistemas para el aprovechamiento integral de la energía generada, Cabe destacar que no se encontró ningún diseño parecido, ni metodología específica en la revisión bibliográfica, por lo que se desarrollarán en base a diferentes metodologías que se puedan adecuar a cada uno de los procesos en los sistemas descritos con anterioridad. Se utilizó el programa CAD (Computer Assistance Design) denominado Solid Works® para la elaboración digital de los prototipos y



sus componentes. Se modificó un esquema de (Fig.4.1 a) para ilustrar las principales consideraciones que influyen el diseño de estufas ahorradoras de leña. Cabe señalar, que, desde los primeros diseños de estufas mejoradas de leña, poco o nada se tomaba en cuenta condiciones sociales, alimenticias y de costumbres puesto que el enfoque principal se basaba en el ahorro de consumo de leña y la extracción de los gases resultantes de la combustión.

Los criterios de Ingeniería de diseño de estufas ecológicas son parte fundamental para lograr una mayor eficiencia y eficacia energéticas.

La eficiencia energética, es el uso eficiente de la energía, de manera de optimizar los procesos productivos y el empleo de la energía, utilizando lo mismo o menos para producir más bienes o servicios, la eficacia energética (o eficacia energética) es un número sin dimensión que es el informe que indica lo que puede recuperarse provechosamente de la máquina de lo que se ha gastado para hacerla funcionar se denomina con la letra eta, (η) y se define como:

$$\text{eficiencia } \eta = \frac{\text{salida}}{\text{entrada}} \quad (5)$$

Donde salida (output) es la cantidad de trabajo mecánico (en vatios) o energía consumida por el proceso (en julios) y entrada (input), es la cantidad de trabajo o energía que se utiliza como entrada para efectuar el proceso.

CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO DE LAS ESTUFAS

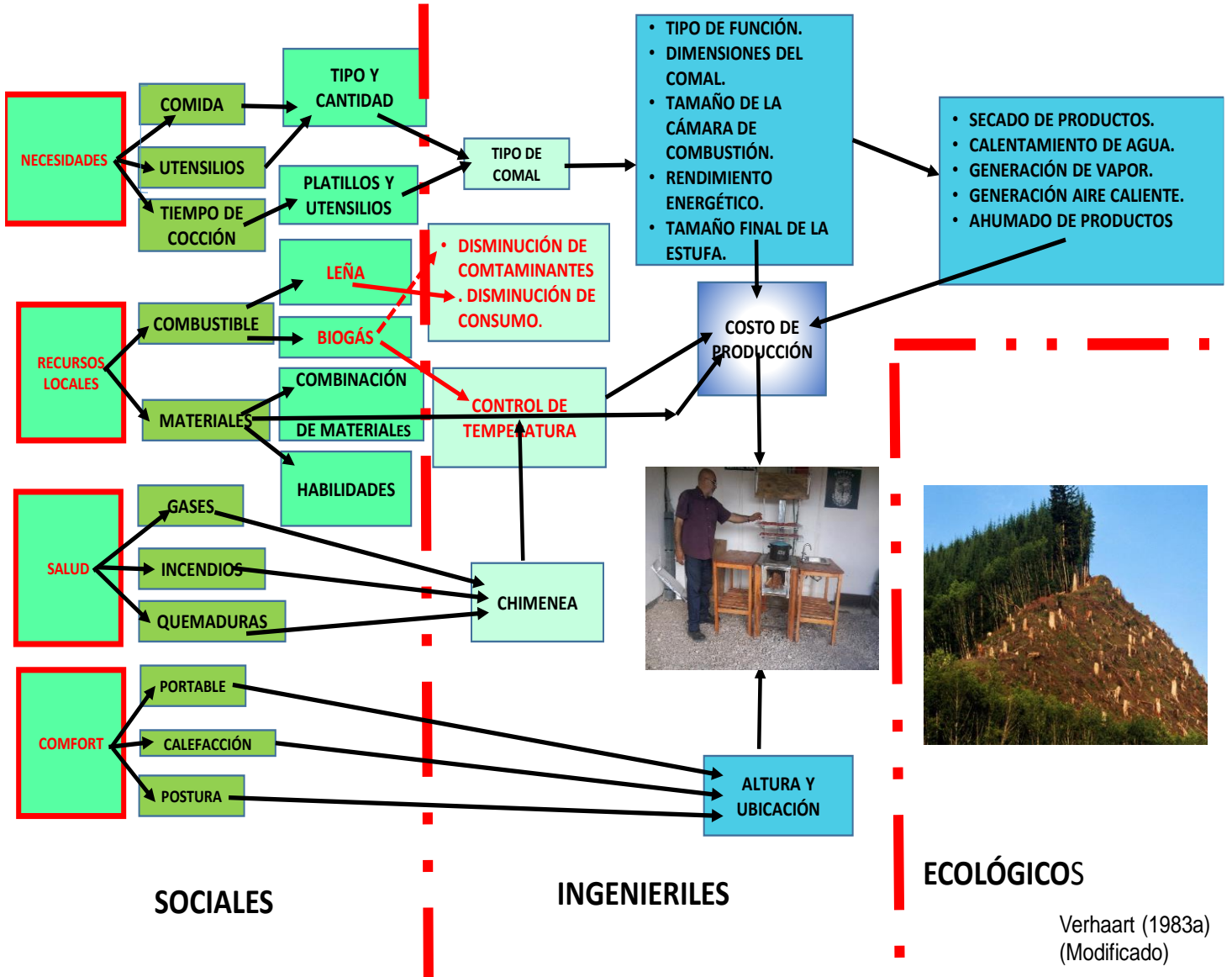


Fig. 4.1a. Diagrama de Verhaat modificado

Verhaart (1983a)
(Modificado)

Estas consideraciones son el fundamento para elegir los criterios de diseño y construcción, que son el fundamento del funcionamiento y finalmente la aceptación del dispositivo por el usuario final. En la Fig. 4.2 se muestran estos criterios:



Fig. 4.2. Criterios para el diseño y construcción de los prototipos.

El núcleo de todo dispositivo para cocción de alimentos es la cámara de combustión, por lo que los criterios para su diseño deben enfatizar la eficiente transferencia de calor y resistencia de los materiales a utilizar, en la fig.4.3 se muestra un resumen de estos criterios:



Fig. 4.3 Criterios Termodinámicos de diseño.

4.1.4 Proceso del diseño.

Un proceso de diseño estructurado, puede ayudar a los diseñadores a crear soluciones eficientes para lograr sus metas. En la fig.4.4 se muestra un proceso de diseño con múltiples ciclos, con cada ciclo produciendo un mejor entendimiento del problema y acercándolo a una solución. Seguir este proceso lleva tiempo, esfuerzo disciplina y colaboración. Este proceso puede ser usado tanto por diseñadores como por empresas para encontrar nuevas ideas y oportunidades en forma continua [29].

El proceso de diseño incluye tres fases:

- En marcar el problema.
- Crear una solución.
- Desarrollar un producto.
- Cada fase incluye tres etapas:
- Reunir información e ideas para obtener un mejor entendimiento.
- Lluvia de ideas y usar un método de selección para determinar el mejor acercamiento a la solución.
- Probar, implementar y validar este acercamiento antes de continuar a la siguiente fase.

• LLUVIA DE IDEAS

• IDEAS Y ACERCAMIENTOS

• IMPLEMENTACIÓN Y VALIDACIÓN



Fig. 4.4 Proceso de Diseño.

Con los elementos y criterios anteriores se inició el proceso de diseño a lo que hay que sumar la importancia de la síntesis a lograrse con la información contextual, principios de Ingeniería, innovaciones y preguntas clave. En esta etapa del diseño es de vital importancia la interrelación intrínseca que tiene cada uno de los componentes del proceso de cocción (fig.4.5).

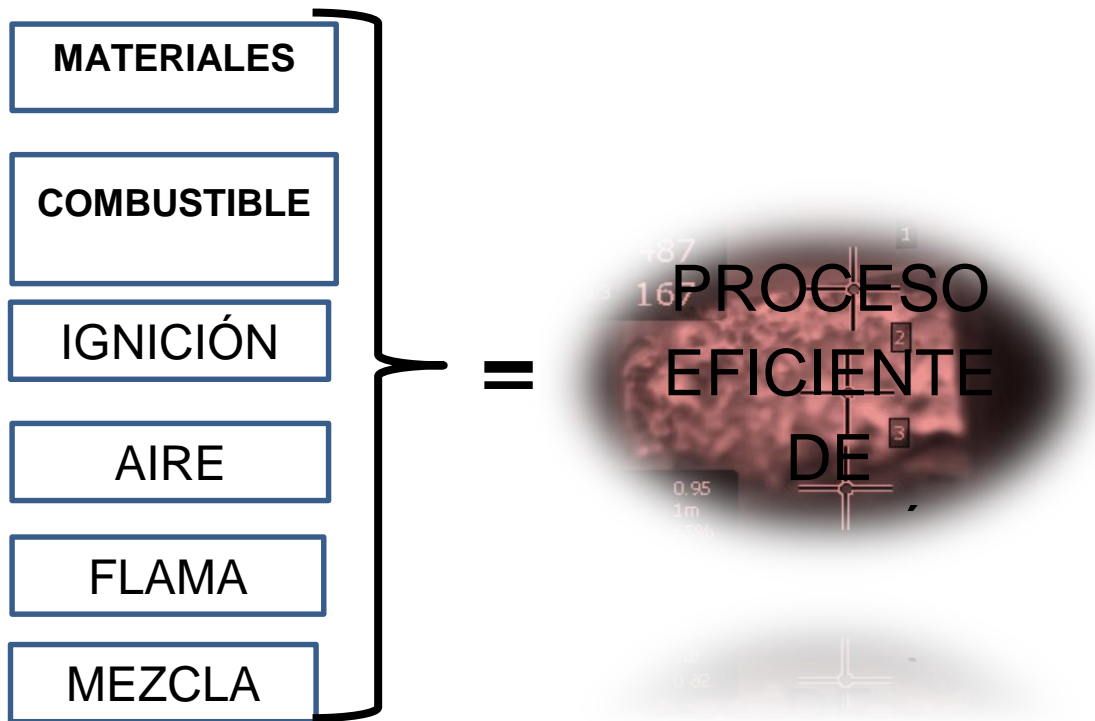


Fig. 4.5 Componentes del proceso de cocción

4.1.5 Componentes Físicos.

Las mediciones se realizarán en el Centro de Evaluación y Certificación de Estufas Ecológicas del Instituto de Investigación e Innovación en Energías Renovables (IIIER) ubicado en la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas (UNICACH) [18].

Se utilizarán dos dispositivos del modelo “ECOCHÍA”, el primero será el modelo básico, utilizado solo para la cocción de alimentos, mientras que el segundo tendrá



implementados los sistemas para el aprovechamiento integral de la energía generada para secado de productos, generación de vapor, calentamiento de agua, calentamiento de aire y ahumado.

Se utilizará un solo tipo de leña en todas y cada una de las pruebas, en este caso la llamada “Quebracho” (Poder calorífico ≈ 25.567 KJ/Kg) endémica de la región, (ver anexo), así como “Ocote” como iniciador de fuego. En la realización de las pruebas utilizando Biogás, éste será obtenido de los Biodigestores instalados en el Laboratorio para Biocombustibles localizado de igual manera en el (IIIER) [19]

4.1.6 Subsistemas de aprovechamiento integral de la energía.

Para el secado de productos, se eligió el jitomate de la variedad Roma como sujeto de prueba por su disponibilidad en anaquel todo el año, además de ser parte importante en la dieta de nuestra población. Simultáneamente al secado efectuado en el dispositivo, se realizará un secado a la intemperie del mismo lote y el mismo peso, un Kilogramo de producto considerando el área útil del dispositivo. Las rebanadas serán de 5mm de espesor, sin/con pretratamiento en ambos lotes [21] [22]. Se utilizarán dos parrillas, la primera colocada a (30 cm) de altura del comal, de dimensiones (30x40cm²), y la segunda, colocada a (60 cm) de altura del comal, de dimensiones (30x40cm²). Para el secado a la intemperie se utilizará un bastidor con malla metálica de 1 m² separado 15 cm del suelo.

4.2 Construcción

El proceso de construcción inicia con el corte de todas las piezas de las diferentes partes y componentes con las dimensiones establecidas en el diseño; para lo cual se utilizarán las herramientas adecuadas en función del tipo de material (metal, madera o construcción) y siguiendo las normas de seguridad requeridas. Posteriormente se inicia el ensamble de estos materiales para formar los módulos que permitirán y facilitarán obtener el dispositivo final. Es importante señalar que en



el diseño estaba previsto que las dimensiones de los laterales y el fondo de la cámara de combustión pudiera integrar elementos de construcción, tales como ladrillos con el menor corte de números posible, de igual forma el material volcánico ligero se construirá con las dimensiones y especificaciones dadas previamente en el diseño. Una parte importante de la elaboración de la capa intermedia del sistema aislante es la combinación adecuada de piedra volcánica cemento y agua, para lograr una mayor durabilidad de esta pieza.

El comal se cortará en las dimensiones determinadas en el diseño en máquinas especializadas para tal efecto, de igual manera se le colocarán mediante un proceso de soldadura eléctrica los ángulos alrededor de todo el perímetro. Uno de los elementos importantes antes de realizar éste último proceso de soldadura, es la determinación del lado adecuado para evitar el hundimiento o deformación del mismo, durante su operación.

El armado o ensamblaje de este dispositivo para su construcción y distribución masiva debe realizarse en el lugar final de instalación en aras de una transportación económica y eficiente tomando en cuenta que las personas necesitadas para este dispositivo se encuentran en comunidades de muy difícil acceso.

Después de construir la estufa básica se levantará el comal y se perforarán los orificios a la altura en los lugares establecidos en el diseño para la colocación del suministro de exceso de aire, el quemador de biogás interno, el calentador de aire y los generadores de agua caliente y vapor con sus respectivas conexiones externas. Es importante señalar que los 3 sistemas de calentamiento de fluidos, se ensamblarán y probarán previamente antes de ser colocados en las posiciones establecidas en el diseño.

El subsistema de secado de productos alimenticios será colocado en las estructuras previamente colocadas en las patas traseras del dispositivo. La altura será determinada por el tipo de producto a secar.



4.3 Evaluación

Para la evaluación de la estufa ecológica multifuncional leña-biogás se tendrán en cuenta los resultados comparativos respecto a una estufa básica (sin los dispositivos y elementos adicionales) y de todos los elementos ya diseñados e implementados sólo se tendrá en cuenta el dispositivo relacionado con el secado de productos alimenticios.

La evaluación del dispositivo básico se realizará sin carga o en vacío. Se evaluarán los modelos básicos, básico con suministro de exceso de aire y multifuncional. Se utilizará una cámara FLIR E-60 para la obtención de las imágenes termodinámicas en especial se hará énfasis en los resultados obtenidos por el efecto que tiene el suministro de exceso de aire sobre la combustión de la leña y la consecuente distribución del calor en la superficie del comal. En estas evaluaciones se utilizará una carga de leña de 5 kilos de “quebracho” los cuales se colocarán en las tres estufas previamente construidas. Las imágenes térmicas obtenidas por la cámara se obtendrán cada 15 minutos. El espacio o cuarto de evaluación se acondicionará en aras de que los tres dispositivos operen bajo las mismas condiciones. Las evaluaciones se realizarán en forma simultánea por triplicado, para lograr una mejor estadística.

La evaluación para el caso del secador de productos agropecuarios este se realizará en la estufa multifuncional con sólo leña como combustible y el secado en intemperie.

Las evaluaciones se realizarán de forma simultánea con sensores tipo K cada 30 segundos los cuales obtendrán mediciones de temperatura y humedad.

Par el caso de las verduras y frutas las muestras serán previamente preparadas mediante un corte en rodajas de 5mm de ancho sin ningún pretratamiento. Se utilizarán 100 gramos de cada verdura y fruta; se colocarán de forma simultánea en ambos dispositivos.



El secado se realizará a partir de las nueve de la mañana para aprovechar el inicio de una adecuada radiación solar. Las muestras se pesarán al comienzo de la prueba para determinar su peso inicial, y a partir de ese momento se realizará cada media hora, para lo cual se utilizará una báscula digital de alta precisión conveniente para tal efecto. Estas evaluaciones se realizarán únicamente en el transcurso del día, para el caso del secado a la intemperie la prueba terminará a partir de la no incidencia de la radiación solar directa sobre las muestras, para el caso de la estufa ecológica multifuncional, se continuará hasta la estabilización del peso seco.

Teniendo en cuenta las verduras y frutas típicas consumidas en el Estado de Chiapas se utilizarán papa y jitomate como verduras, y piña y plátano como frutas.

El secado de la carne se realizará de forma simultánea para tres tipos de carne (carne de res, de puerco y pescado) comúnmente consumida en el Estado de Chiapas. Se utilizarán los mismos equipos y tiempo de medición anteriormente descritos para frutas y verduras. Es importante señalar que las tres carnes se cortaran en forma de filetes con 1cm de espesor y recibirá un pretratamiento con sal.

4.3.1 Evaluar el sistema de calentamiento paralelo de agua y generación de vapor.

El aislamiento térmico logrado en la cámara de combustión, permitirá instalar un sistema de agua caliente, con un subsistema de generación de vapor a ser utilizado para la cocción de alimentos y auxiliar en el tratamiento de enfermedades respiratorias. Este subsistema consta de una cámara de retención de agua caliente, misma donde se efectuará el cambio de fase, el cual se logrará mediante la manipulación de diversas válvulas. Se instalará un depósito de plástico con capacidad de 20 litros de agua a una altura de 1.80 m como suministro para la realización de las pruebas de agua caliente y generador de vapor. Cada una de estas pruebas se hará por separado. En la de agua caliente se utilizarán los 20 litros



para determinar la cantidad de leña utilizada para alcanzar la máxima temperatura en función del tiempo. De igual manera, en la prueba de generación de vapor se utilizarán los 20 litros de agua, en este caso se determinó cocinar un kilo de chayote al vapor en un recipiente exclusivamente adaptado al subsistema. Se eligió este alimento por su alto consumo en la población rural y porque, generalmente su tiempo de cocción implica un alto costo energético. Para determinar la viabilidad del subsistema como auxiliar en el tratamiento de enfermedades respiratorias, se consultará con profesionales en el área de la salud. En el caso de calentamiento de agua, se consultó la Norma Oficial Mexicana NOM-003-ENER-2011 (ver anexo).

4.3.2 Evaluar el sistema de calentamiento de aire para calefacción.

Existen regiones en nuestro país con constantes bajas temperaturas donde, cualquiera que sea el dispositivo utilizado para la cocción de alimentos, también cumple con la función de generar confort en la habitación.

En este caso, se instalará un sistema en el dispositivo para generar aire caliente desde la cámara de combustión y ser trasladado a una habitación contigua mediante tubería y circulación forzada. Por medio de termopares se determinará la máxima temperatura alcanzada en función del tiempo y cantidad de leña utilizada.

Para la evaluación de este sistema se encontraron referencias en la Norma Oficial Mexicana NOM-085-ECOL-1994.

4.3.3 Evaluar el sistema de ahumado de productos.

Existen regiones en nuestro país con bajas temperaturas constantes donde, cualquiera que sea el dispositivo utilizado para la cocción de alimentos, también cumple con la función de generar confort en la habitación.

En este caso, se instalará un sistema en el dispositivo para generar aire caliente desde la cámara de combustión y ser trasladado a una habitación contigua mediante



tubería y circulación forzada. Por medio de termopares se determinará la máxima temperatura alcanzada en función del tiempo y cantidad de leña utilizada.

Para la evaluación de este sistema se encontraron referencias en la Norma Oficial Mexicana NOM-085-ECOL-1994.

Existen regiones en nuestro país con bajas temperaturas constantes donde, cualquiera que sea el dispositivo utilizado para la cocción de alimentos, también cumple con la función de generar confort en la habitación.

En este caso, se instalará un sistema en el dispositivo para generar aire caliente desde la cámara de combustión y ser trasladado a una habitación contigua mediante tubería y circulación forzada. Por medio de termopares se determinará la máxima temperatura alcanzada en función del tiempo y cantidad de leña utilizada.

Para la evaluación de este sistema se encontraron referencias en la Norma Oficial Mexicana NOM-085-ECOL-1994.



CAPITULO 5. RESULTADOS

Capítulo 5. Resultados.

En este capítulo se muestran los resultados fundamentales obtenidos en el proceso de diseño de la estufa ecológica multifuncional leña-biogás, la construcción del dispositivo con la integración de los diferentes elementos de aprovechamiento integral de la energía generada durante la combustión, tales como secado de productos, calentamiento paralelo de agua, generación de vapor, generación de aire caliente, y ahumado de productos. De igual forma se muestran los resultados obtenidos de la evaluación del desempeño de la estufa ecológica multifuncional y el secador de productos alimenticios, así como un análisis de los resultados.

5.1 Diseño

Según el procedimiento metodológico planteado en el capítulo 4 se utilizó el programa Solid Works y se obtuvieron los siguientes resultados. En la (Fig. 5.1) se muestra el exterior del modelo de estufa multifuncional leña-biogás, como se aprecia está conformado por una estructura de madera con cuatro patas que contiene la cámara de combustión (9) compuesta a su vez por dos capas aisladoras integradas en las paredes laterales izquierda y derecha (10 y 11) y un fondo (12) compuesto de los mismos materiales que las paredes. Las estructuras frontales y trasera (13) de la Cámara de combustión están formadas por material metálico de diferente especie, similares en dimensiones exteriores pero diferentes en el interior debido a la funcionalidad asignada (entrada de leña y salida de gases). El comal o superficie de transferencia térmica (8) se asienta en la parte superior de la cámara de combustión y cumple la función de transferir el calor generado dentro de la misma hacia los recipientes que contienen los alimentos a cocinar.

La chimenea (2) es una estructura metálica conectada a la parte trasera de la cámara de combustión por medio de un “codo” metálico (14) por donde se expulsan



hacia el exterior de la vivienda los gases y partículas producto de la combustión. El respaldo de uso general (3) está sujeto a las parrillas de secado (5) el cual puede servir para colocar diferentes contenedores plásticos o metálicos para mejorar el funcionamiento de los subsistemas. La salida de agua caliente (4) se compone por un grifo con dos llaves reguladoras, tubería galvanizada, llaves y mangueras especiales para la circulación de fluidos con alta temperatura. La salida de vapor (6) esta interconectada al subsistema de calentamiento de agua y está compuesta por un contenedor metálico y tubería galvanizada, llaves y mangueras especiales para la circulación de fluidos con alta temperatura. Las parrillas para el secado de productos (5) son metálicas recubiertas de material plástico resistente al calor y pueden colocarse a diferentes alturas. Las mesas de apoyo para subsistemas (7) están colocadas al lado izquierdo y derecho del cuerpo general de la estufa. Dentro de la cámara de combustión se alojan los siguientes subsistemas: Subsistema para la generación de aire caliente para calefacción (14), subsistema para calentamiento de agua (15), subsistema para generación de vapor (16) y subsistema para ahumado de productos (17).

1. Cuerpo General de la estufa.
2. Chimenea para salida de gases.
3. Respaldo para uso general.
4. Salida de agua caliente.
5. Parrillas de secado.
6. Salida de vapor.
7. Mesas de apoyo para subsistemas.

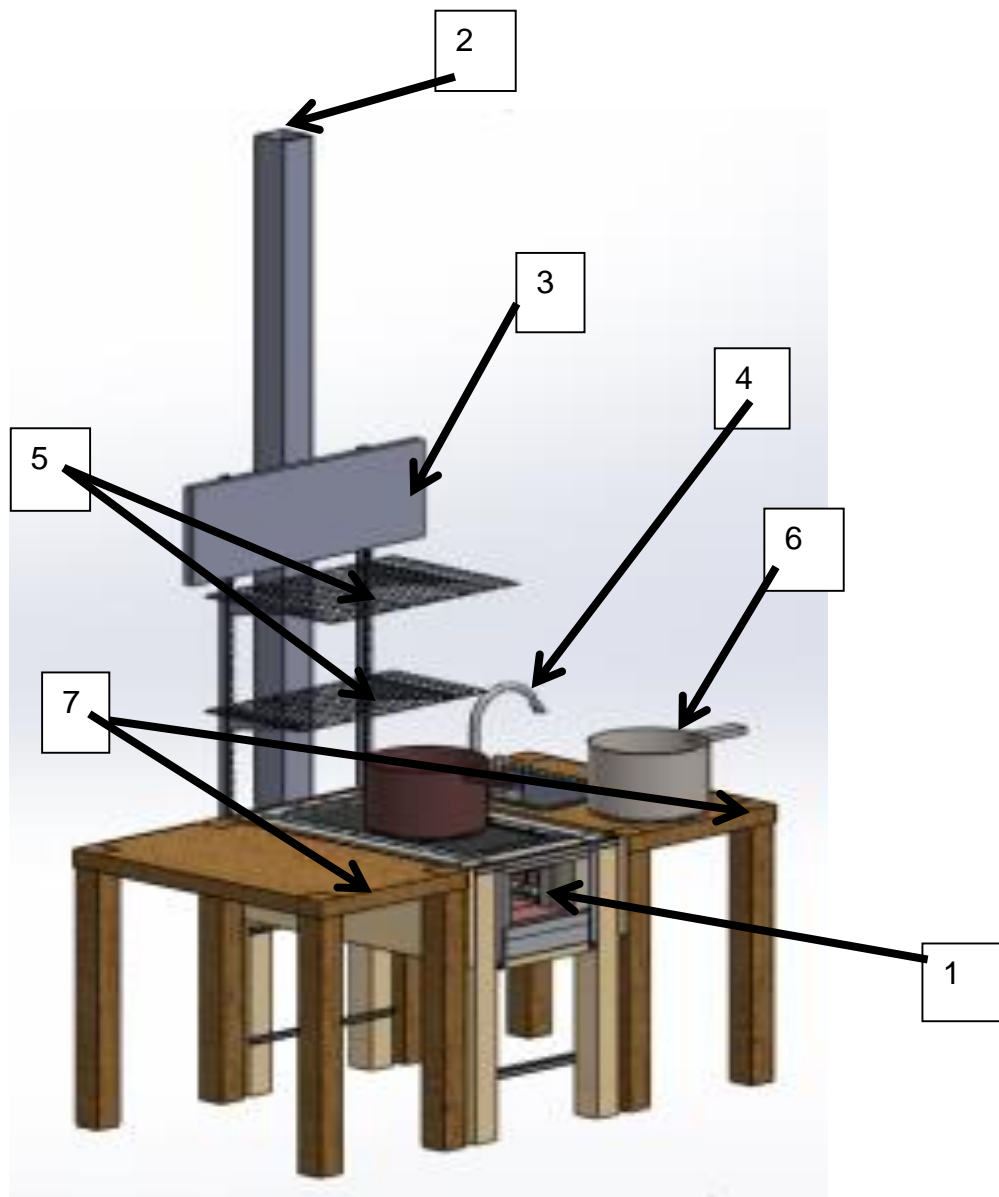


Fig. 5.1. Diseño general de la estufa ecológica multifuncional leña-biogás

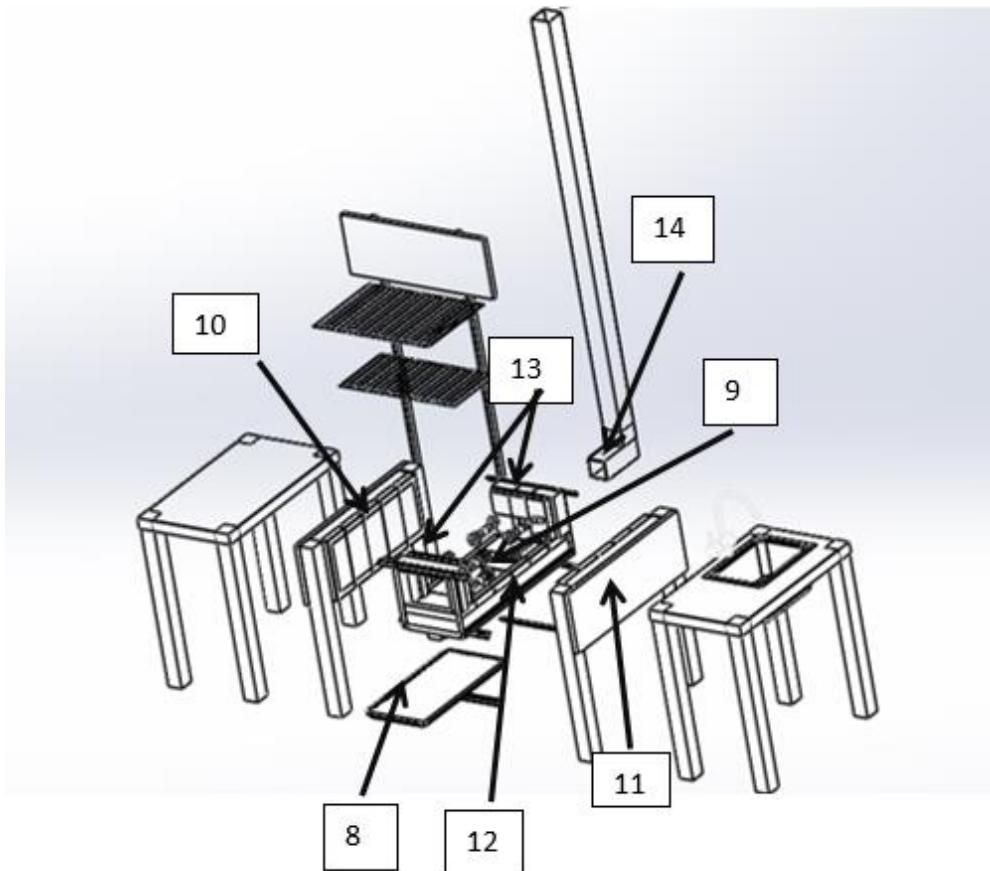


Fig. 5.2. Diseño isométrico general del dispositivo.

- 8. Comal de la estufa.
- 9. Cámara de combustión con subsistemas para el aprovechamiento de la energía residual.
- 10. Pared lateral izquierda.
- 11. pared lateral derecha
- 12. Fondo de la estufa.
- 13. Estructura frontal y trasera de la cámara de combustión.

En la (Fig. 5.3) se muestra una vista isométrica del interior de la cámara de combustión Dentro de la misma se alojan los siguientes subsistemas: Subsistema para la generación de aire caliente para calefacción (14), subsistema para calentamiento de agua (15), subsistema para generación de vapor (16) y subsistema para ahumado de productos (17).

14. Subsistema para generación de aire caliente para calefacción.

15. Subsistema para calentamiento de agua.

16. Subsistema para generación de vapor.

17. Subsistema para ahumado de productos.

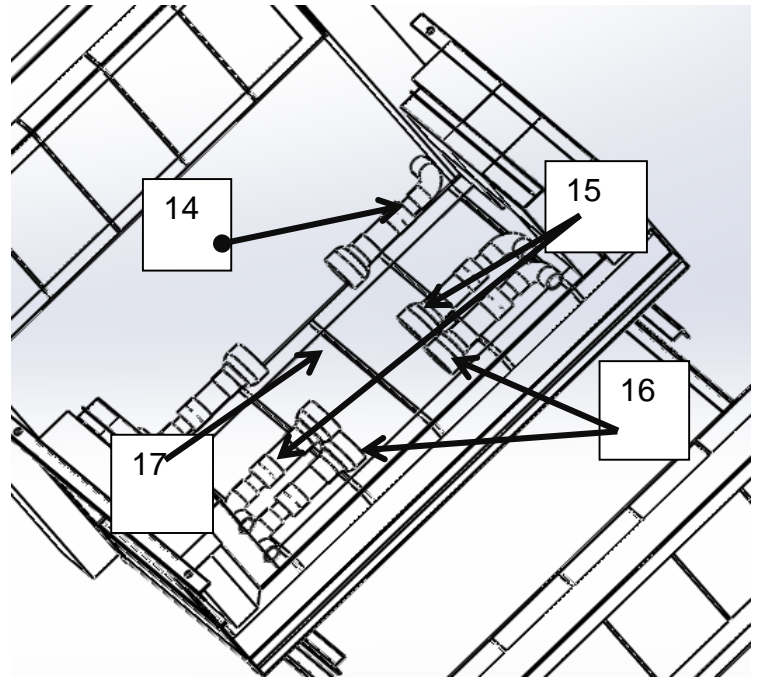


Fig. 5.3. Diseño isométrico de la cámara de combustión.

Este modelo de estufa multifuncional leña-biogás diseñada según la descripción anterior es un novedoso dispositivo tecnológico que aprovecha la mayor parte de la energía calorífica generada durante el proceso de cocción de alimentos. A diferencia de los otros modelos ya existente. Modelo de estufa funcionales registrado con patentes, US20160370011A1, Modelo de Utilidad No.3219 IMPI, cada uno de los elementos que lo componen y que se integran en el modelo básico, son removibles y escalables para atender necesidades específicas del usuario final. Esta estufa ecológica multifuncional es portátil, ligera, con alta posibilidad de aceptación social, sostenibilidad, económicamente aceptable y además de la cocción de alimentos, tiene un sello distintivo ecológicamente compatible, al ser de madera su parte exterior y realizar diversas funciones tales como: Secado y deshidratación de productos, generación de aire caliente para calefacción, calentamiento de agua, generación de vapor y ahumado de productos.



5.1. 2 Elementos de construcción propuestos.

2 Tablas de madera de pino de 70 cm x 30 cm x 2.5 cm.

4 “Polines” de 80 cm x 08 cm x 08 cm.

2 Tablas de madera de pino de 40 cm x 30 cm x 2.5 cm. (Fondo).

1 Tabla de madera de pino de 40 cm x 20 cm x 2.5 cm. (Fondo).

Blocks térmico ligero para lateral derecho, izquierdo y fondo de 30 cm x 15 cm x 5 cm

Petatillos (barro cocido) de dimensiones 16 cm x 15 cm x 2.5 cm para recubrir la insidencia de fuego directo sobre la capa de block térmico ligero.

Superficie de transferencia térmica o comal de material metálico calibre 10.

Entrada parte frontal compuesta por material zintro y una aberturra que permite una adecuada circulación de aire y sobre todo la entrada de al menos dos leños con grosores típicos utilizados en las comunidades rurales.

Salida parte trasera compuesta por material zintro que permite el acoplamiento del codo a la chimenea para la extracción de partículas y gases generados en la cámara de combustión. La chimenea puede alcanzar una altura típica de 1.5 a 2 metros y esta hecha fundamentalmente de material galvanizado, generalmente protegida por una malla separada de su superficie que evita posibles quemaduras de los usuarios. En su parte superior tiene un capuchon o gorro que impide la entrada de aire u otros elementos no deseados.

5.2 Construcción

En aras de lograr una mejor visualización de los resultados se realiza una descripción detallada del dispositivo, el cual esta basado en función de los



parámetros del diseño y características de los materiales empleados, además de ajustarse estrictamente a las dimensiones establecidas, considerando que los materiales a utilizar para el ensamble fueran de fácil adquisición en el mercado local.

La secuencia de ensamble cuenta con 4 fases importantes:

Primero, integración del modelo básico.

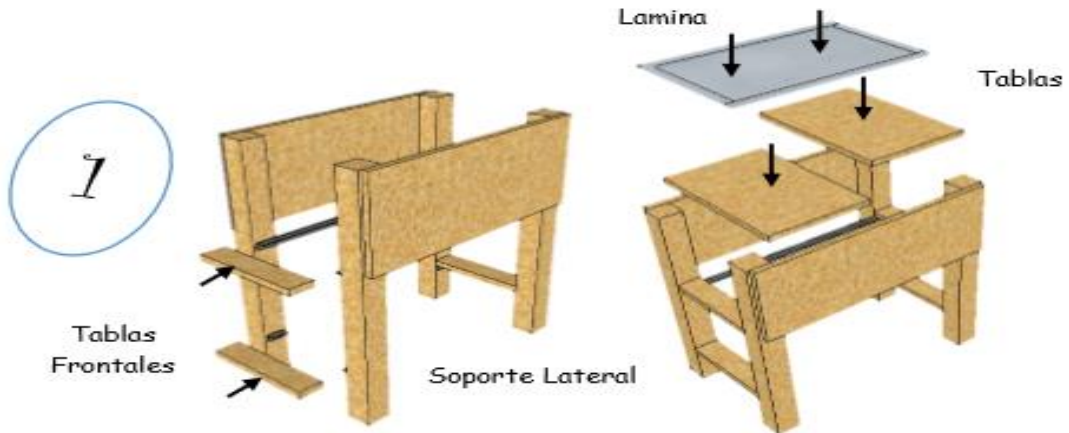
Segundo, integración de los dispositivos internos.

Tercero, acoplamiento de los diversos dispositivos externos para el aprovechamiento integral de la energía generada.

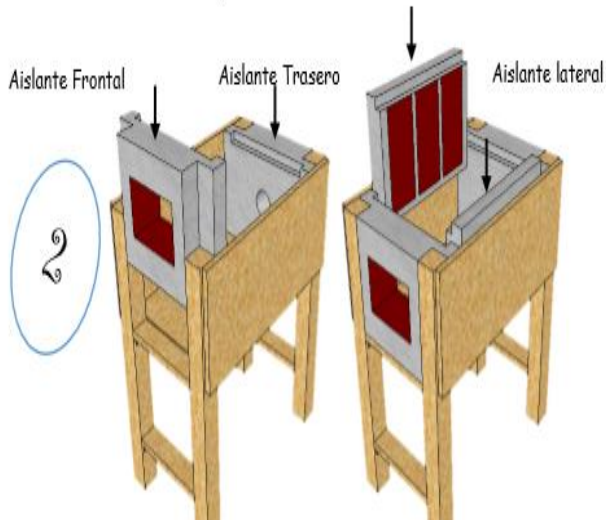
Cuarto, Integración de los quemadores para biogás.

Para la construcción del modelo básico como se muestra en la siguiente secuencia, primeramente se ensambla el cajón o estructura fundamental sobre la cual serán colocadas todas las piezas que conforman la cámara de combustión, estas piezas son totalmente de madera por lo que es muy fácil la unión de las mismas con pijas o tornillos, posteriormente se colocan la parte trasera y delantera cada una con sus respectivos orificios para la entrada y salida de leña, aire, gases y partículas generadas durante el proceso de combustión. El fondo y los laterales son colocados en una tercera fase, para lo cuales es necesario, antes de la colocación final del comal y la chimenea que sean sellados cualquier orificio que exista para evitar la circulación no deseada de aire. Para este sellado es suficiente el uso de cal o ceniza. Es importante señalar que las tres piezas que conforman los laterales y el fondo son de iguales dimensiones, la altura de la estufa es flexible en función del tamaño gusto de las usuarias, por lo general varía entre 0.5 hasta 1.2m de altura.

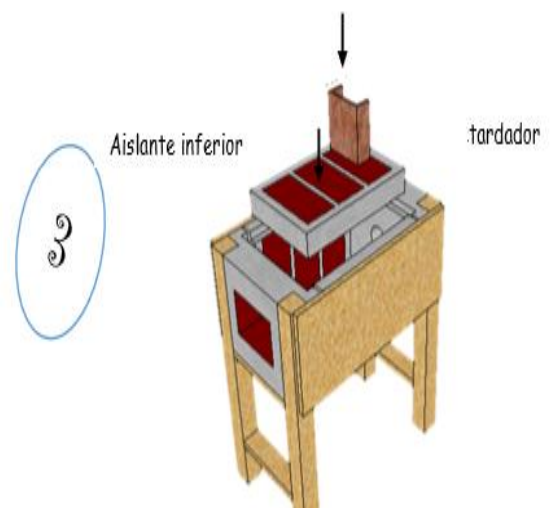
Armado de Cajón



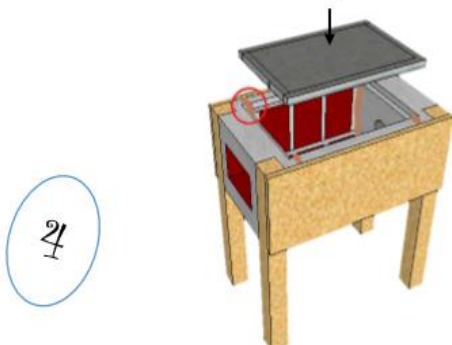
Montaje del material aislante



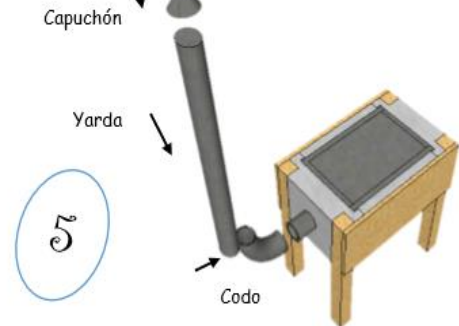
Colocación de la base aislante y retardador



Revestimiento de barro y colocación del comal



Colocación de la Chimenea



Esquema 5.4. Ensamble de modelo base de estufa ecológica EnerChía.

Este modelo básico con solamente el uso de la leña como combustible ha sido construido e implementado en más de 3,000 viviendas como se puede observar en las figuras 5.4, 5.5, 5.6, y 5.7, demostrando así sus cualidades de ser compacta, al no ocupar un área de más de 0.5 m², lo que la vuelve ideal para cocinas de cualquier tamaño; a pesar de ello la superficie de transferencia térmica mostró ser lo suficientemente adecuada para permitir la cocción simultánea de diferentes alimentos en recipientes con capacidad mayor a 10 litros. Móvil y de fácil ensamble, ya que sin ningún tipo de dificultad se ha podido transportar hacia lugares de zonas montañosas y de difícil acceso.

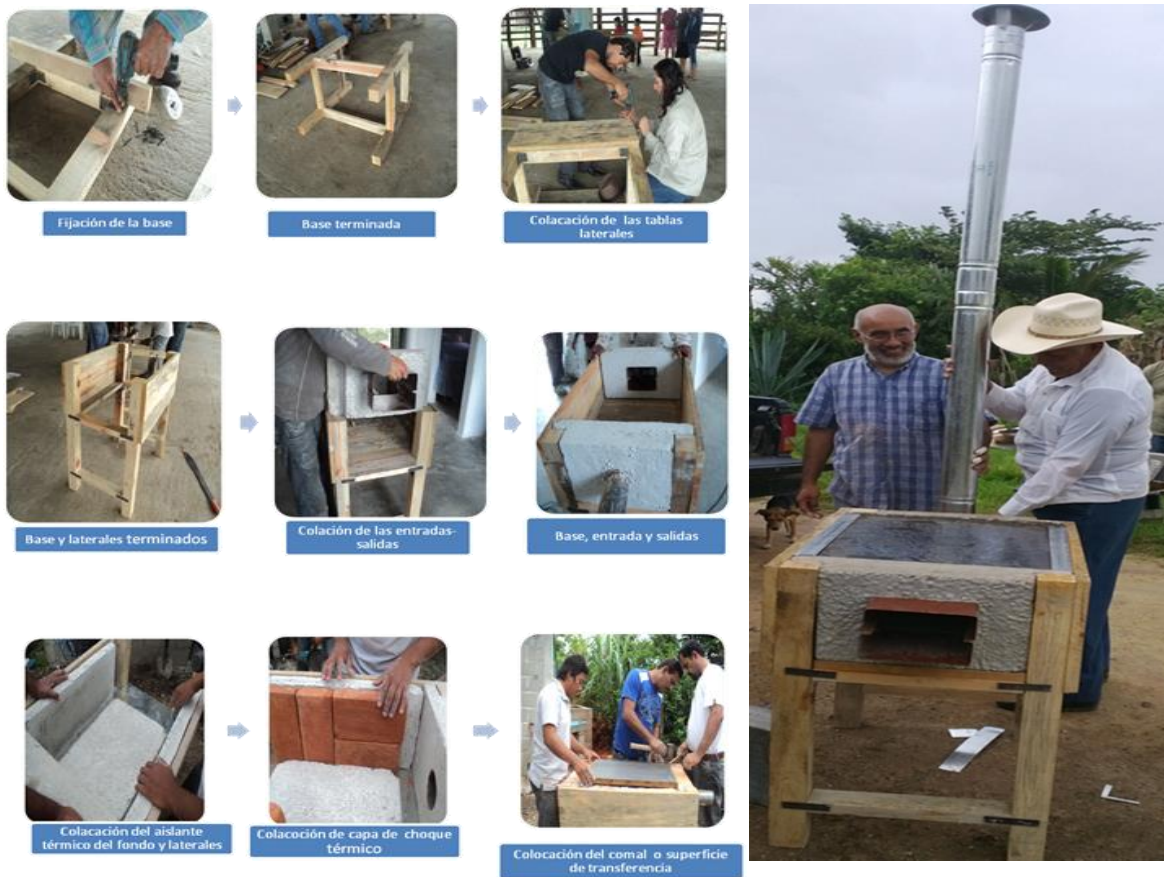


Fig. 5.5 Implementación del dispositivo en comunidad rural.

La implementación de este modelo básico de estufa integral fundamentalmente en los municipios del Porvenir, La Grandeza y Bella Vista aunque no estaba considerado dentro de los objetivos de este proyecto es la muestra más evidente del fin para el cual se desarrolló. Mostramos algunas imágenes donde se corroboran sus cualidades para ser implementadas en forma masiva para la solución de los graves problemas sociales, ambientales y económicos causados por el uso de la leña en nuestras comunidades pobres y marginadas del Estado de Chiapas.



Fig. 5.6 Implementación del dispositivo en comunidad rural.



Para la integración de los dispositivos internos se consideraron las dimensiones y ubicación de los mismos según el diseño. Como se muestra en la figura YY tanto el calentador de agua, generador de vapor y el calentador de aire fueron construidos con materiales altamente resistentes a la temperatura del fuego directo dentro de la cámara de combustión. Para el caso del calentador de agua y generador de vapor están acoplados a conductos que permiten su conexión en serie así como la entrada y salida del agua caliente o vapor según conveniencia, este último juega un papel muy importante en atenuar las enfermedades respiratorias en especial las causadas por la acumulación de los gases provocados por los fogones abiertos que existían previos a la instalación de este dispositivo.

En las comunidades ubicadas en lugares como los altos de Chiapas, donde prevalecen bajas temperaturas y altos porcentajes de humedad la mayor parte del año, el sistema de calentamiento de aire integrado al modelo básico permite suministrar el aire con la temperatura adecuada para garantizar un ambiente aceptable que evita posibles problemas bronco respiratorios. Este sistema está acoplado a un conducto aislado que lleva el aire caliente hacia el lugar seleccionado. La circulación de aire puede establecerse a través del acoplamiento de una cámara de auto inflable y una válvula de regulación que permita el suministro adecuado. En el caso de que exista energía eléctrica se podría acoplar un pequeño soplador de aire comercialmente disponible.

El acoplamiento del sistema de secado como se muestra en la fig. 5.8 se realiza de forma sencilla ya que el miso es colocado, a la altura conveniente en función del producto a secar. Para su colocación se utilizan dos soportes metálicos sujetos a su vez a la parte trasera de la estufa. El tamaño y la forma utilizada están de acuerdo con lo planteado en el diseño y sobre todo, el tipo de material utilizado, cumple con las normas establecidos para el secado de productos alimenticios.



Fig. 5.8 Parrillas de secado

Luego de haber diseñado y construido todos los elementos del dispositivo que permitan la cocción de alimentos con el uso de la leña se deben incorporar los elementos correspondientes al uso del biogás como combustible alternativo. Para el suministro del biogás se utilizó un sistema de biodigestores ya existente en el IIIER el cual fue acoplado a los quemadores de biogás a través de conductos establecidos para tal efecto.

Como se muestra en la figura Fig. 5.8y Fig.5.8a se implementaron dos tipos de quemadores de biogás, uno acoplado internamente a la cámara de combustión y otro para funcionar de forma independiente. El quemador de biogás en la parte interior está colocado de forma transversal, a una distancia adecuada del comal para lograr las menores pérdidas posibles. De igual forma el quemador independiente está colocado en la parte central superior de un recipiente y rodeado por material aislante que evita las pérdidas térmicas hacia el medio circundante. De igual forma se integró un sistema de mejora del proceso de combustión mediante

el acoplamiento de un tubo (4x8x70cm) por la parte inferior y hacia el fondo de la cámara de combustión Fig. 5.10 y 5.10a el cual permite el suministro de aire directo al lugar donde se encuentran la leña y el biogás.



Fig. 5.9 y Fig.5.9a Implementación de quemadores para biogás.



Fig. 5.10 510a Dispositivo para el suministro de exceso de aire

Como se puede observar en la Fig. 5.11 existen aditamentos adicionales como dos mesas laterales para diferentes usos, pero en especial la colocada en el lateral derecho, tiene integrado el sistema para el uso de agua caliente y el vapor generado por el generador de vapor, En forma integral se puede observar en la siguiente figura 12 el acoplamiento de todos los elementos donde se destaca también el

recipiente para el almacenamiento de agua así como los conductos de entrada y salida para tal efecto.

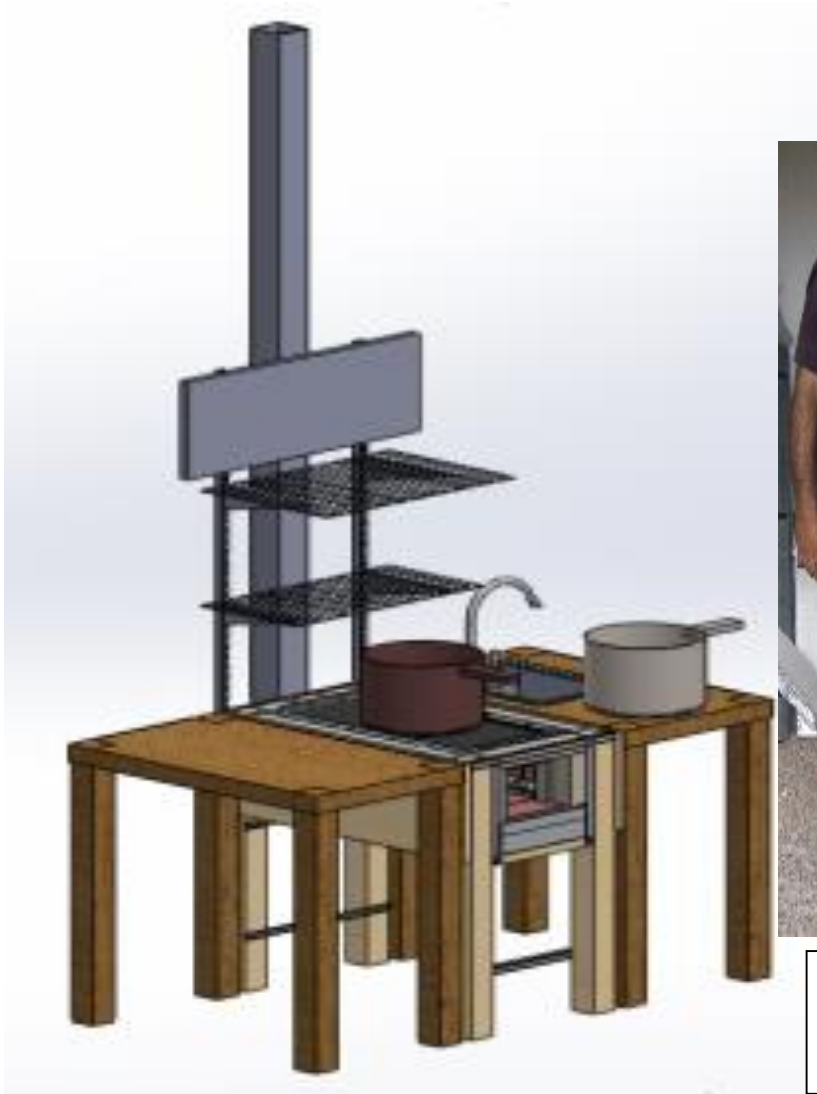


Fig. 5.11 Mesas de servicio adicionales



Fig. 5.12 Estufa ecológica multifuncional leña-biogás con aditamentos para aprovechamiento integral de la energía.

A modo de discusión se puede señalar que el dispositivo desarrollado tiene una mayor aceptación que los otros modelos de estufas desarrollados e implementados hasta la fecha pues a diferencia de la Patsari, la Onil, la Lorena entre otras, tiene como sello distintivo una estructura donde la última capa de la cámara de



combustión es la madera, la cual (para el caso del pino) no sólo es importante por su disponibilidad en el mercado, sino también por los siguientes factores:

- Es un material utilizado en las comunidades por generaciones para la construcción de los fogones tradicionales de tres piedras, lo que permite un mayor grado de aceptación por el usuario final.
- Es biodegradable, y al final de su ciclo útil como material de construcción, libera la misma cantidad de dióxido de carbono que absorbió hasta el momento de inicio de su comercialización.
- El costo energético para su obtención desde éste inicio es menor comparado con los diferentes metales utilizados en otros modelos de estufas ecológicas.
- Su coeficiente de transferencia de calor es de (0.6-0.17 k,W/mK).
- Su exposición al calor por conducción y radiación evita ser invadido por insectos y otros entes.
- En caso necesario, cualquier parte dañada de este material por uso o negligencia, puede ser sustituida por los mismos usuarios con cierta facilidad y a muy bajo costo.
- Las herramientas utilizadas durante la etapa de construcción, son de menor costo, poco desgaste y fácil de encontrar en el mercado.

Para el mejor aprovechamiento de la energía calorífica generada durante el proceso de combustión, su retención en la cámara de combustión está determinada por los materiales aislantes.

En este caso, se colocaron tres capas, compuestas de tres materiales diferentes con una función específica cada una de ellas. La diferencia con los otros modelos es que simplemente son ensamblados en el dispositivo evitando la necesidad de usar elementos constructivos tales como arena, cemento cal, grava, block para su construcción en el lugar, lo cual implica la presencia de un especialista y el tiempo utilizado para su construcción in situ es relativamente grande.



- La primera capa esta compuesta de ladrillo rojo con un coeficiente de transferencia de calor de (0.7 k, W/mK) . Se escogió este material como primera capa, considerando también su costo, disponibilidad y alta durabilidad.
- La segunda capa esta compuesta de block para construcción térmico ligero (0.49 k, W/mK) constituido de una mezcla de cemento, arena y el elemento aislante principal, roca volcánica porosa, teniendo la función específica debido a sus características, de disminuir la transferencia de calor hacia la siguiente capa y por ende hacia el medio ambiente.
- La tercera capa esta constituida por madera de pino (0.6 k,W/mK) , ya que además de tener un bajo coeficiente de transferencia de calor, cumple dos importantes funciones más: constituye el cuerpo principal de la estufa y evita en gran medida, quemaduras graves en los usuarios principales e infantes.

Cabe aclarar que esta tricapa se utiliza en el fondo y laterales de la estufa, no así en el frente y parte trasera de la misma, debido a la función inherente a su posición en el dispositivo; entrada de leña y salida de gases, funciones importantes, básicas e imprescindibles a considerar en las etapas de diseño y construcción.

Para la parte delantera se utilizó la capa aislante de block térmico ligero y una estructura metálica de perfil zintro. Las razones de esta desición fueron de costo, facilidad de construcción, ensamble, fácil obtención en el mercado y poca exposición a las flamas.

Para la parte trasera se utilizaron las mismas capas descritas anteriormente más un componente metálico deflector de flama cuya función es la de lograr un mayor tiempo de retención de la misma dentro de la cámara de combustión, lograndose temperaturas en el comal superiores a los $500 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Para la extracción de los gases y partículas Se utilizaron tubos y aditamentos de fierro galvanizado de común comercialización y específicos para tal función, combinados con un elemento metálico. Es importante señalar que la chimenea se encuentra colocada en la parte trasera inferior de la estufa que a diferencia de las



otros modelos (salida en la parte superior trasera del comal). Permite en primer lugar que este conducto pueda salir por una de las paredes del recinto y quedar en la parte de afuera del mismo evitando así posibles quemaduras y la abertura de un edificio de un orificio en el techo que generalmente es difícil de sellar con sus ya conocidas consecuencias. Otra ventaja de este tipo de salida es que esta combinado con el deflector de flama lo que obliga a la misma realizar un efecto ondulado de la salida y por tanto mayor temperatura en la superficie del comal.

El comal o plancha metálica donde se realiza el proceso de cocción, es un elemento importante en el diseño y construcción de la estufa ecológica, ya que influye en la eficiencia y por ende en la aceptación o no del dispositivo por el usuario final. Algunas Modelos existentes utilizan calibre de comal 12 o 14 lo cual hace que los mismos sufran deformaciones que impiden no solamente una mejor cocción de los alimentos sino también el escape de los gases y partículas generadas durante la combustión. El comal del dispositivo es de calibre 10 y está reforzado por un ángulo metálico en su perímetro, el cual permite una mayor durabilidad y sellado.

Características principales consideradas para su elección, las podemos describir en la siguiente lista:

- El material metálico a usar es el de mayor coeficiente de transferencia de calor posible, considerando su costo y durabilidad.
- El tamaño escogido en la etapa de diseño, está determinado por factores de rentabilidad (Número de piezas obtenidas por unidad y costo de servicio profesional de corte), y de aceptación social ya que permite la cocción simultanea de dos recipientes para cocción de maíz y frijol al mismo tiempo de dejar espacio para la elaboración de tortillas.



5.3 Evaluación.

El dispositivo construido y mostrado en la figura anterior cumple con todos los requisitos establecidos en los parámetros de diseño y en especial todo lo necesario para realizar las evaluaciones del desempeño del mismo.

Se realizó la evaluación de la estufa integral multifuncional en comparación con una estufa básica (sin los dispositivos y elementos adicionales). Sólo fue considerado en este proceso de evaluación el secado de productos alimenticios.

- Resultado del dispositivo básico, básico modificado y multifuncional (solo leña).
- Resultado de la estufa con leña-biogás.
- Resultado de la evaluación del sistema de secador de productos alimenticios.

Como se indicó en la Metodología, la primera evaluación del dispositivo se realizó sin carga o en vacío. En este caso se evaluaron los modelos básico, básico con suministrador de exceso de aire y multifuncional. Como se puede observar en las Fig. 5.13 se optó por acompañar las gráficas con imágenes termodinámicas obtenidas con la cámara FLIR E-60 para puntualizar el efecto que tiene el suministro de exceso de aire sobre la combustión de la leña y la consecuente distribución del calor en la superficie del comal.

Como se observa en la Fig. 5.13 del modelo básico es notable la concentración y distribución de la temperatura en la parte posterior del comal, el codo y en la parte inferior de la chimenea lo que trae como consecuencia una combustión incompleta, un menor tiempo de retención de la flama en la cámara de combustión y por ende un aumento en las pérdidas de energía.

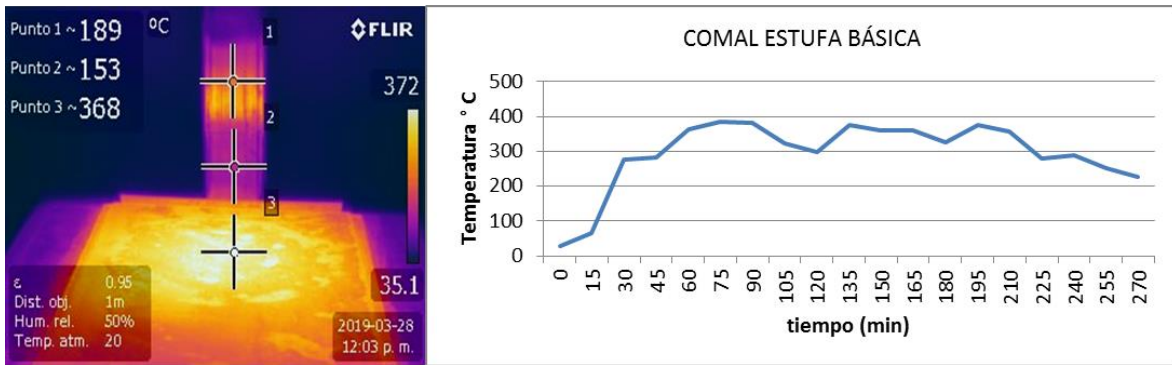


Fig. 5.13 Termofotografía y gráfica del comal estufa básica

El modelo básico con suministrador de exceso de aire tiene como particularidad un dispositivo para la introducción de exceso de aire lo que permite combustionar los gases emanados del combustible sólido, evitando así una combustión incompleta como sucede en el modelo básico. Este dispositivo además de servir una barrera física durante la acción de introducción de los leños y de permitir la incorporación de exceso de aire el cual disminuye su densidad al entrar a un ambiente con alta temperatura, obliga a las flamas a permanecer un mayor tiempo dentro de la cámara de combustión y a que estas tengan un contacto puntual y con un área mayor de la superficie del comal, lo que permite obtener un mejor provecho de la energía generada.

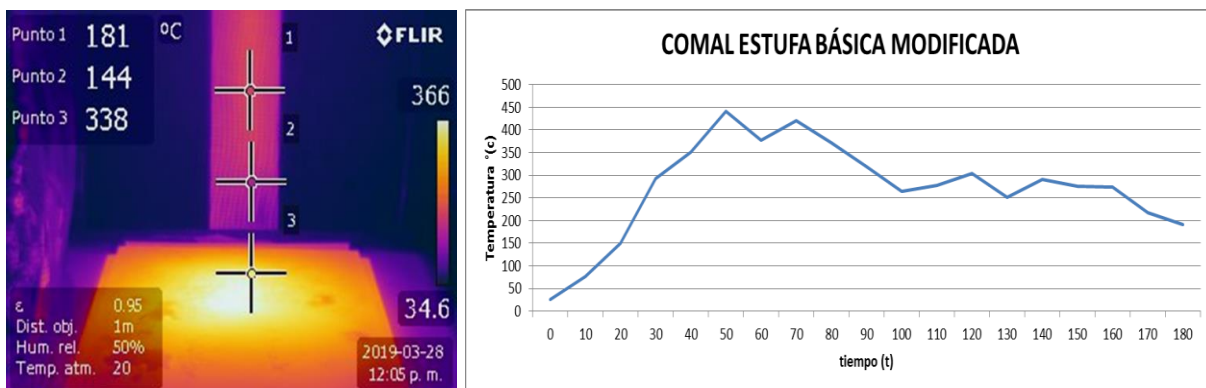


Fig. 5.14 Termofotografía y gráfica del comal estufa básica modificada

En comparación con el modelo básico, existe una mayor concentración de la llama generada a partir de un punto central y por ende una mejor distribución circular evitando la formación de ciertas manchas térmicas, de igual forma sucede con la chimenea donde existe una mejor distribución de la temperatura, evitando los puntos calientes, esto es de gran importancia puesto que la chimenea es uno de los elementos que más rápido se deteriora de las estufas ecológicas, de igual forma se podría pensar en la posibilidad de desarrollar un posible aditamento que permita utilizar la temperatura de la chimenea para el calentamiento automático de agua, el sacado de leña, fundamentalmente para su aplicación en la zona de los altos de Chiapas donde en tiempo de lluvia es muy complejo el secado de la leña, y también de la ropa, debido a la alta humedad ambiental. En la siguiente figura se muestra de modo comparativo la siguiente gráfica las temperaturas que alcanza el codo donde está acoplada la chimenea respecto al comal.

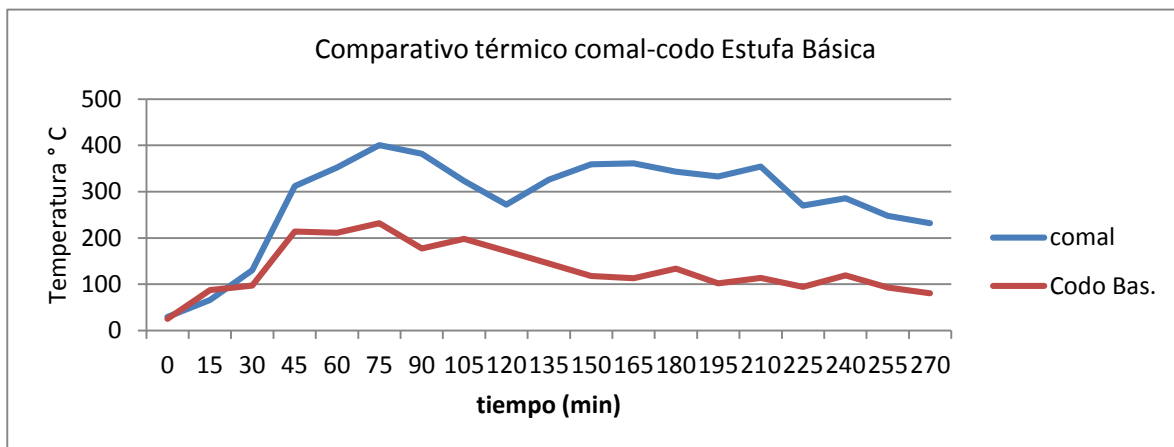


Fig. 5. 15 Comparativo térmico comal-codo Estufa Básica

Este suministrador de aire se basa en un principio elemental, pues el tubo hueco que es colocado de forma perpendicular a la estufa, atravesando el fondo de la misma, tiene un gradiente de temperatura entre el extremo que está en el interior de la cámara de combustión y el que se encuentra en la parte inferior se parados entre 60 a 80 cm unos del otro, esto hace que el aire de la parte superior al estar más caliente pierda densidad y por lo tanto ocurra un flujo desde afuera hacia el

interior de la cámara provocando el incremento de oxígeno como elemento fundamental en el proceso de combustión.

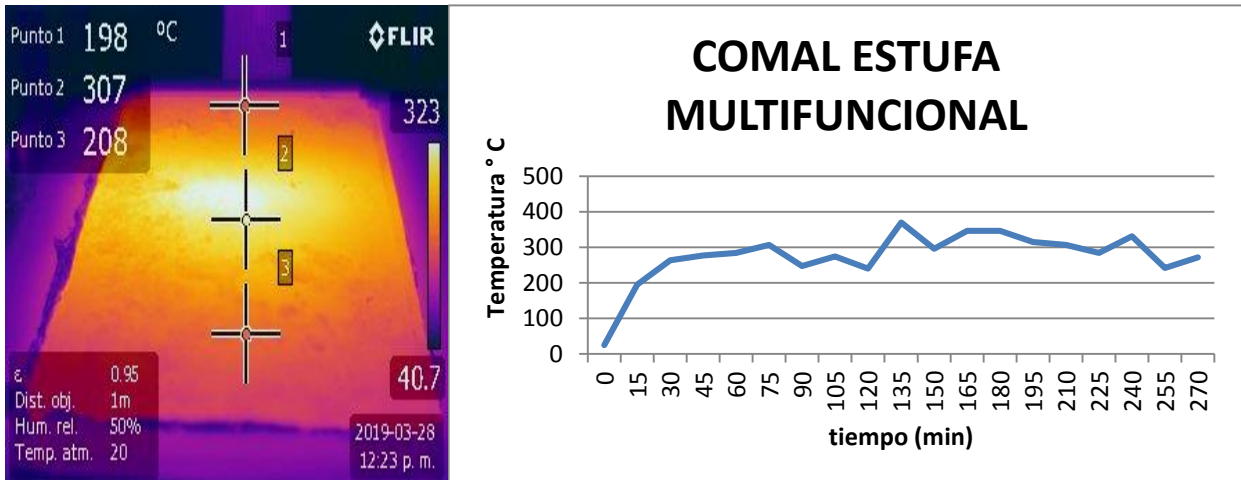


Fig. 5.16 Termofotografía y gráfica del comal estufa básica multifuncional

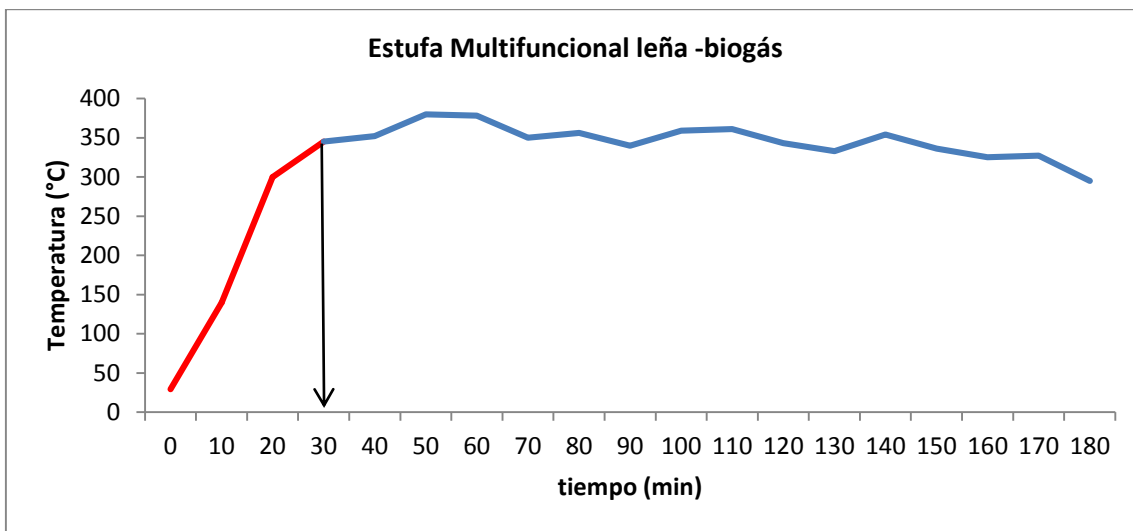
La estufa con todos los aditamentos o multifuncional como se puede apreciar en la primera fase su temperatura del comal a pesar de que en los primeros 15 minutos supera los 200 °C e inicia su etapa de estabilización a partir de los 45 minutos, lo cual es producto de la energía que debe transferir a los implementos adicionales que tiene en su interior como son el calentador de agua y aire, a partir de ese punto mantiene una temperatura relativamente estable en comparación con los modelos básicos.

5.3.1 Estufa Leña/ Biogás

El quemador para biogás está echo de tubo galvanizado y se introduce por uno de los laterales de la estufa. Además de permitir el suministro de biogás a la cámara de combustión puede utilizarse para colocar los leños en un plano inclinado, ayudando a una mejor combustión de los mismos.

Este quemador tiene la ventaja que permite la combinación lena biogás, obteniendose una reducción hasta un 50% de las lena durante el proceso de cocción

de alimentos, como se puede observar en el siguiente grafico se muestran temperaturas similares a la obtenidas por solo lena pero un menor uso de la misma como combustible. Esto es de vital importancia para nuestra comunidades porque cada día es más difícil la obtención de lena para cocinar, las distancia que diariamente tienen que recorrer para acarrearla, fundamentalmente las mujeres y ninas , adema de utilizarse la transformación de todos o parte de los desechos orgánicos generados en la comunidades en bogás y abono.

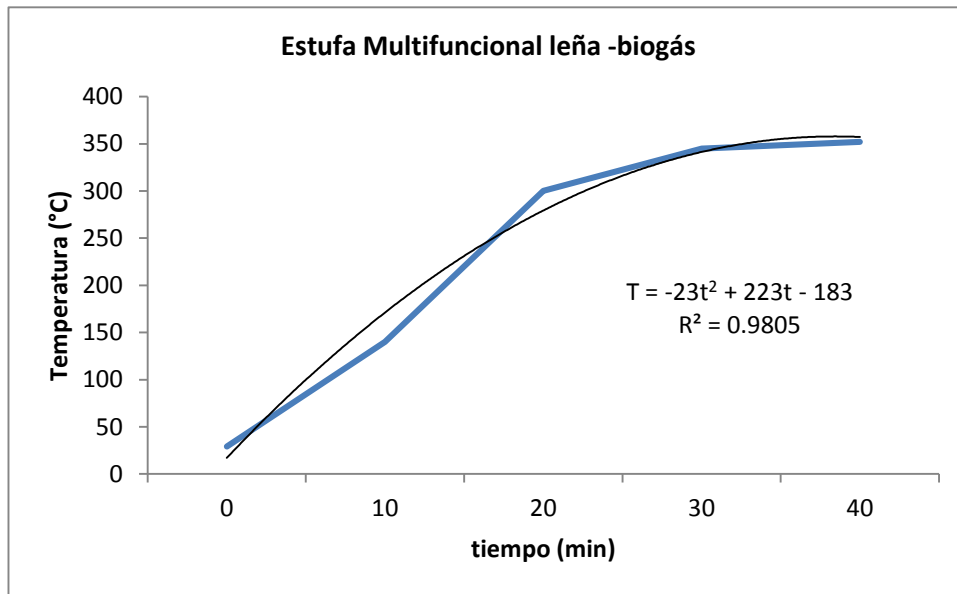


Graf. 5.17. Etapas de calentamiento y estabilización del dispositivo.

Sin embargo este quemador dentro de las cámara de combustión tiene la desventaja de que al recibir la incidencia directa del fuego podría sufrir un rápido deterioro y por ende gastos en su sustitución, lo cual atenta contra la sostenibilidad del dispositivo.

El tiempo de duración de este experimento estuvo en función de la capacidad de almacenamiento de biogás disponible, el cual permitio evaluar sólo hasta 180 minutos, sin embargo, es importante resaltar en primer lugar, la rapidez con que la temperatura del comal de la estufa llega a los 300 °C y la estabilidad del proceso de calentamiento durante todo el tiempo de cocción. Como se puede apreciar en el gráfico 5.7, en la fase de calentamiento tiene un comportamiento parabólico cuyo

R^2 es de 0.9805 lo que nos permite predecir con buena exactitud cual puede ser la temperatura en esta fase del funcionamiento del dispositivo; para este caso específico se obtienen a los 30 minutos de 345 °C lo cual es 80 °C superior en comparación con la estufa multifuncional con combustible solo leña (sin uso de biogás) para este mismo periodo de tiempo. Esto es de gran importancia en las comunidades rurales debido a sus usos y costumbres, según nuestra experiencia en la implementación de este dispositivo, en las comunidades desgraciadamente existe una exigencia hacia las mujeres para que la preparación de productos tales como el café se pueda preparar en el menor tiempo posible.



Graf. 5.18 Fase de calentamiento de estufa multifuncional leña-biogás.

La rapidez, es debida a que el quemador de biogás a diferencia de la leña se encuentra prácticamente pegado a la parte inferior del comal incidiendo directamente sobre éste de forma constante. El proceso de estabilización está relacionado con una mejor combustión debido a que el quemador de biogás está ubicado en la parte superior junto con el dispositivo de suministro de exceso de aire.



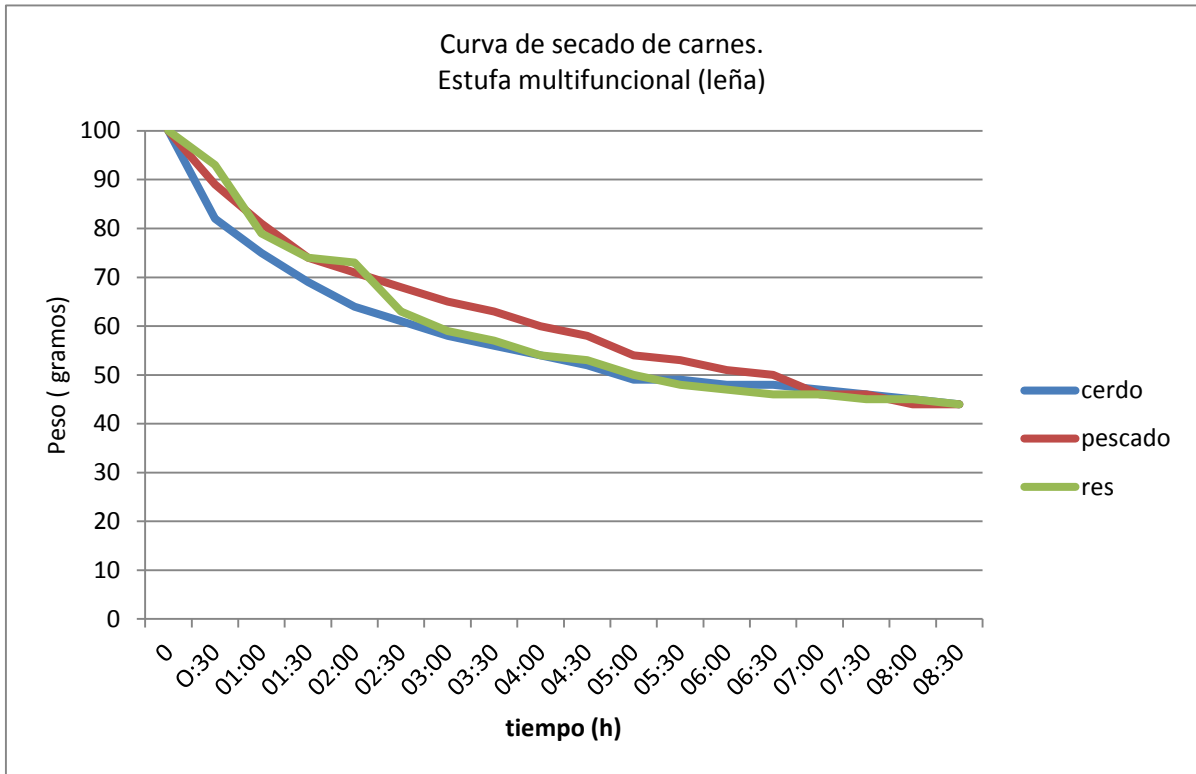
5.3.2 Sistema de secador de productos alimenticios.

Para evaluar la efectividad del secador de productos alimenticios conectado a la estufa ecológica multifuncional se utilizò como referencia el secador tradicional a la intemperie. Como està planteado en la Metodologìa se caracterizo el secado de carnes frutas y verduras.

5.3.3 Secado de carnes.

Como se puede apreciar en el siguiente gràfico, el secado de carnes realizado en la estufa multifuncional, solamente utilizando leña se llevo a cabo con los productos càrnicos comunmente consumidas en el Estado de Chiapas (cerdo, pescado y res). El proceso de secado para los tres productos tardò 8 horas, sin embargo en la fase inicial la carne de res tiene una diferencia notable, obteniendo la carne de res su punto de estabilizaciòn dos horas antes que la carne de pescado.

Es importante señalar que la carne de res empieza un proceso de secado similar a la del pescado, sin embargo a partir de las tres horas su curva de pèrdida de peso es practicamente similar a la de carne de cerdo.



Graf.. 5.19 Curva de secado de carnes estufa multifuncional.

En comparación con el secado de estos mismos productos en la intemperie, el realizado en la estufa ecológica tuvo la ventaja de que no hubo que parar el proceso producto de la dependencia de la radiación solar o la lluvia, lo cual es de vital importancia para las comunidades rurales debido a que en periodo lluvioso podrían realizar su secado sin ninguna dificultad y sin sacar a la intemperie los cuales pueden estar afectados por otros fenómenos climatológicos sino también por la contaminación ambiental y animales. En tal sentido como se muestra en la gráfica 5.20 el secado a la intemperie a pesar de tener pendientes similares al inicio, en 6 horas no logra llegar a la línea de estabilización debido a la baja incidencia de la radiación solar, por lo que sería necesario otro día más de secado para obtener un peso similar al obtenido en el secador de la estufa multifuncional.

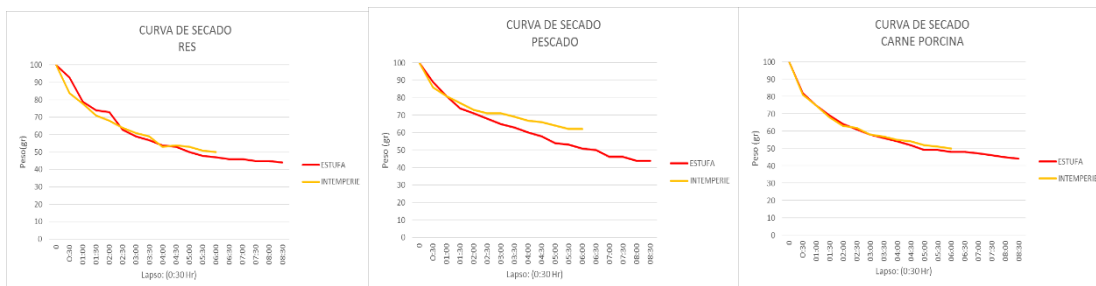
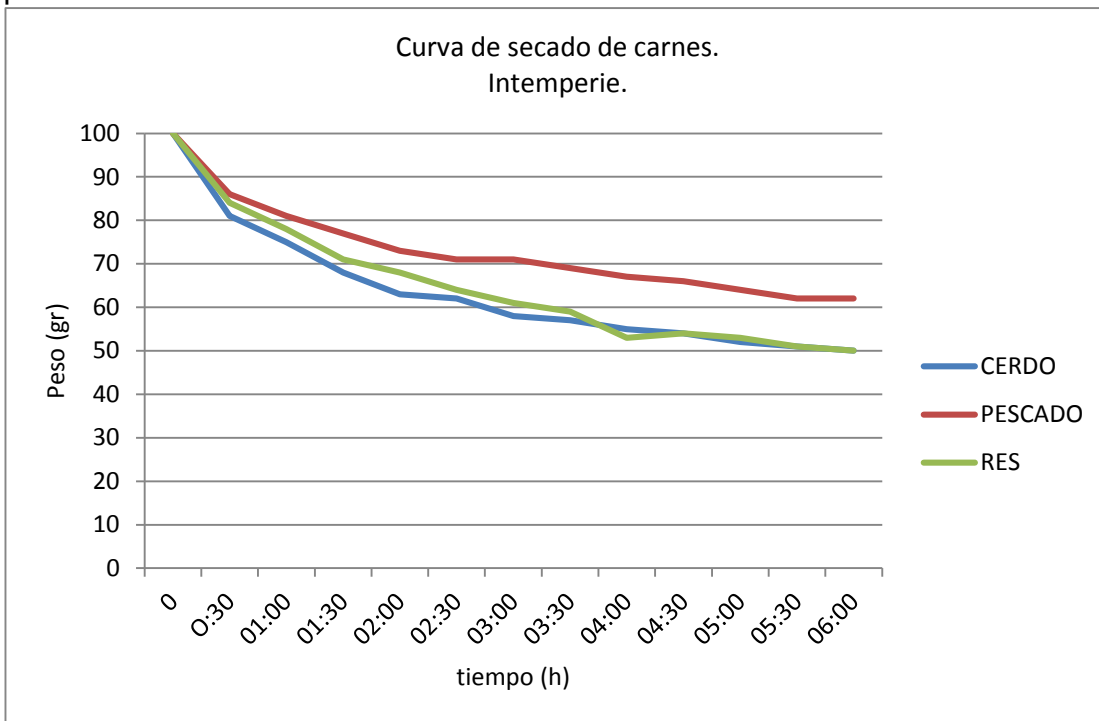


Fig. 5.20 Curvas de secado de carnes a intemperie y comparativa de dispositivos.

5.3.4 Secado de verduras y frutas.

Las verduras y frutas son de los alimentos que contienen mayor contenido de agua. Esto se observa claramente en la figura 5.21. Para este experimento se utilizaron papa y jitomate por ser productos típicamente utilizados en la alimentación del pueblo Chiapaneco. El secado de estos productos en la estufa multifuncional se llevó a cabo en aproximadamente 8 y media horas lo cual esto la dentro del rango de un día de trabajo típico de una estufa ecológica implementada en comunidades rurales.

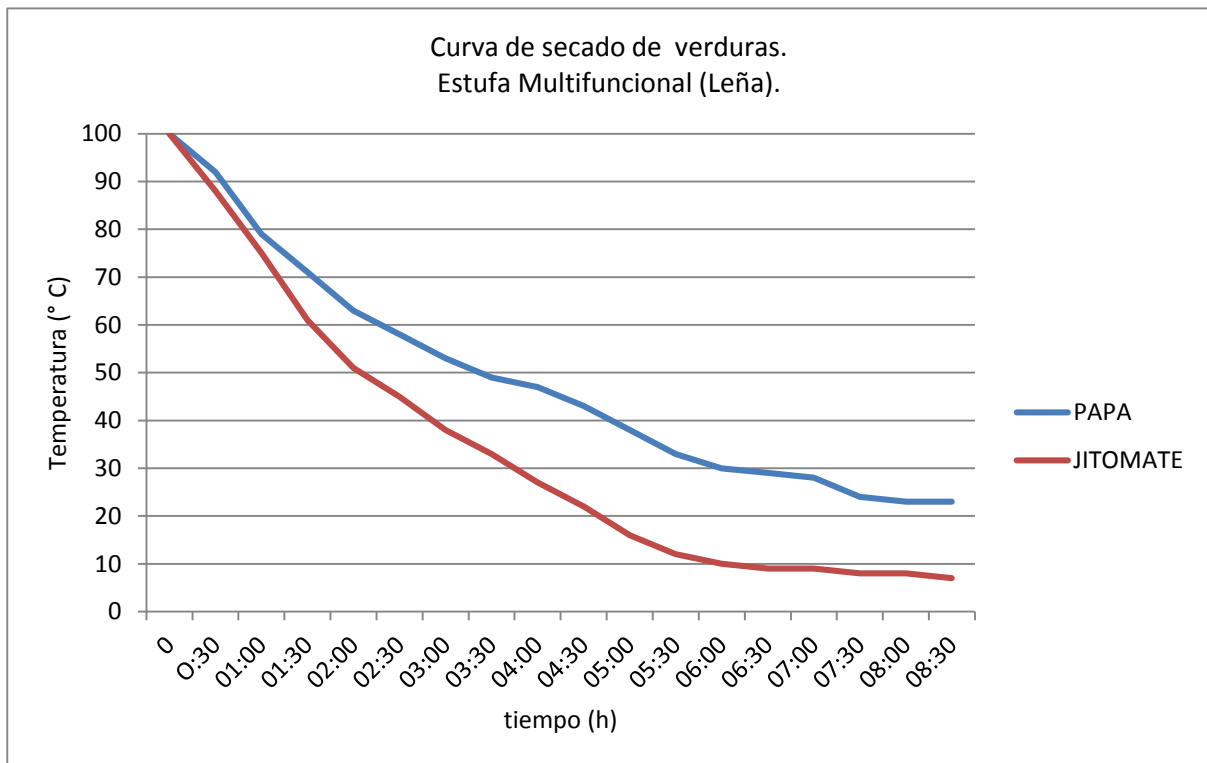


Fig. 5.21 Curva de secado de verduras estufa multifuncional.

Como es de esperar el jitomate al tener mayor contenido de agua y su estructura orgánica de mayor facilidad de transformación que la papa ya a las 2 horas ha perdido el 50% de su peso, lo cual en la papa sucede 1 hora y media después. De igual forma estabiliza su pérdida de peso llegando hasta el 10 % a las 6 horas

aproximadamente. La papa se estabiliza a las 7 horas y media en aproximadamente el 20 % de peso seco.

El secado de Jitomate al igual que las otras frutas y verduras que se relacionan en este trabajo tienen un comportamiento polinómico como el que se muestra en el siguiente gráfico.

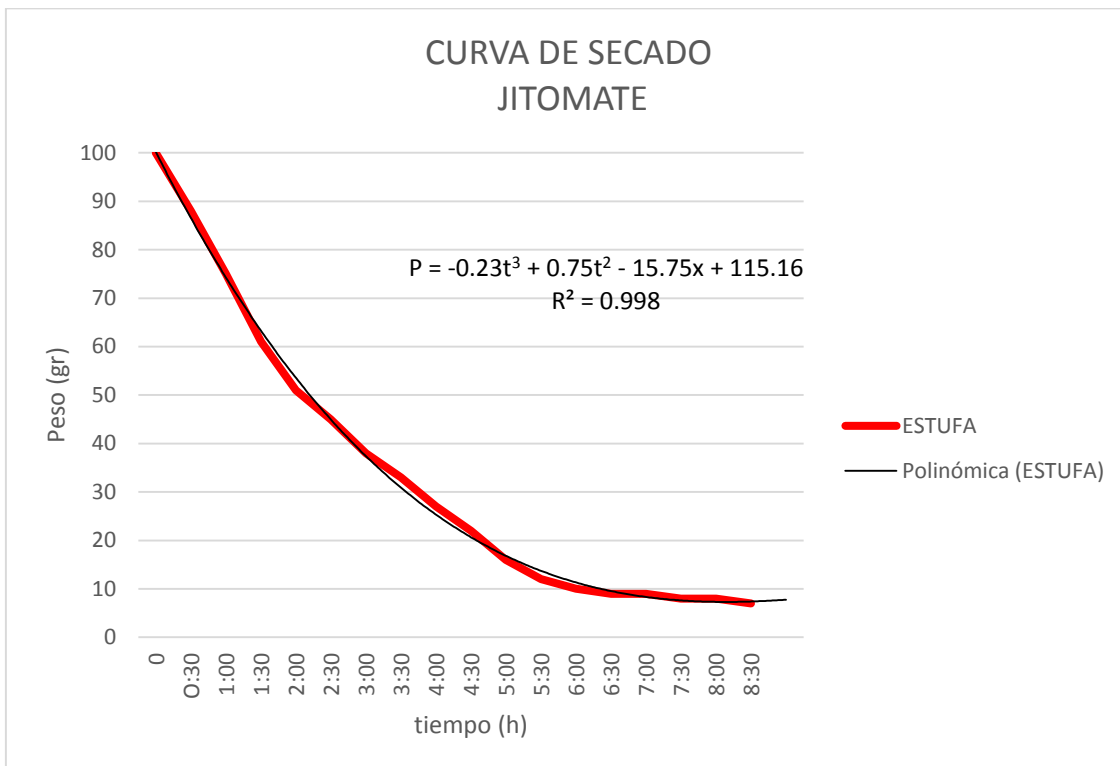


Fig. 5.22 Curva de secado de verduras estufa multifuncional.

A diferencia de la estufa multifuncional, el secado a la intemperie el jitomate a las 3 horas logra disminuir hasta el 50 % de su peso y una hora después [es para el caso de la papa. Comparativamente es más eficiente el uso de la estufa ecológica multifuncional que la intemperie, puesto no solo ahorra tiempo, sino también mejor calidad por la homogeneidad del secado, sino también por el hecho de que el producto no logra secarse en un día sol, lo cual implica que tenga que guardarse hasta el otro día con la posible descomposición y pérdida del mismo. Por otro lado, no siempre el día solar o la radiación es la adecuada para este tipo de procesos.

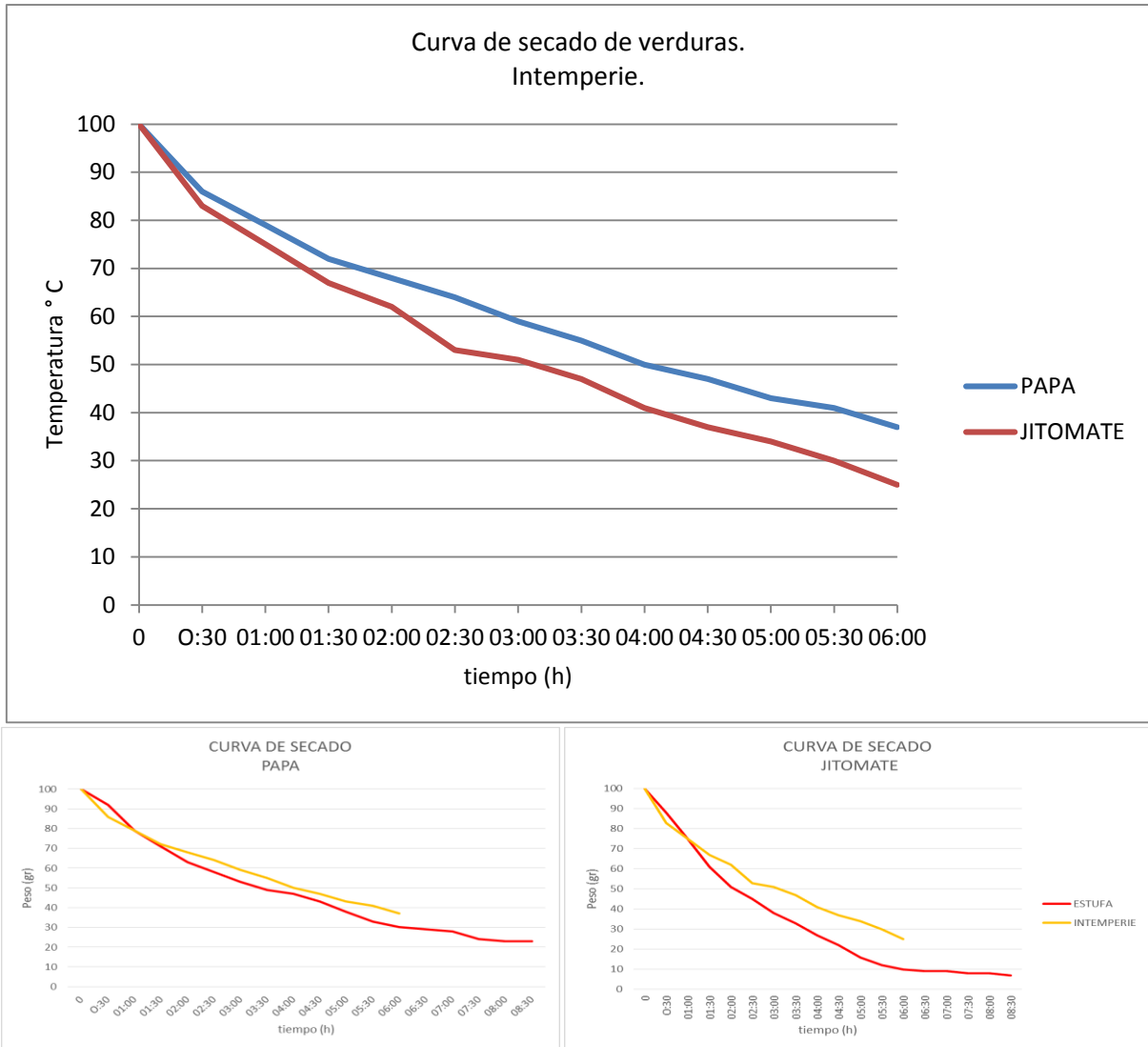
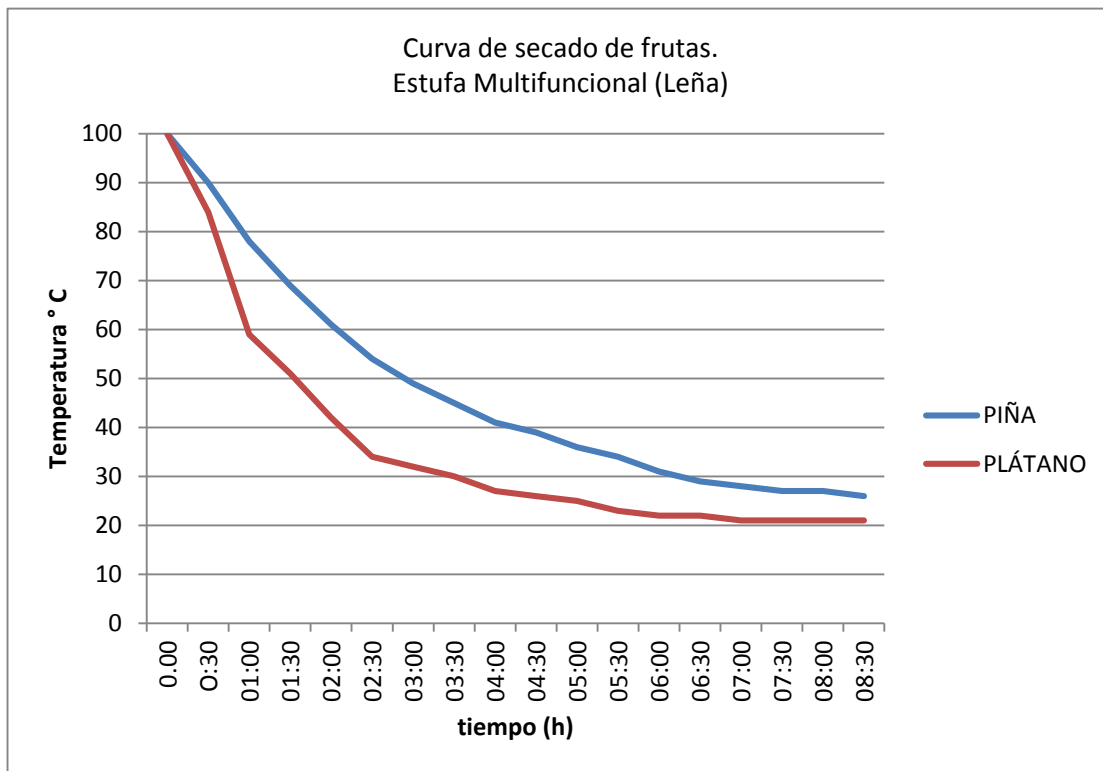


Fig. 5.23 Curvas de secado de verduras a intemperie y comparativa de dispositivos.

Para el caso de las frutas como se muestra en la gráfica 4 el plátano tuvo una pendiente negativa más pronunciada que la piña bajando aproximadamente el 50% de su peso en 1 hora y media y su estabilización en aproximadamente 7 horas, sin bajar del 20 % de su peso. La piña tuvo un resultado equivalente 1 hora y media después, con estabilización 8 horas después no bajando de un 25% de su peso.



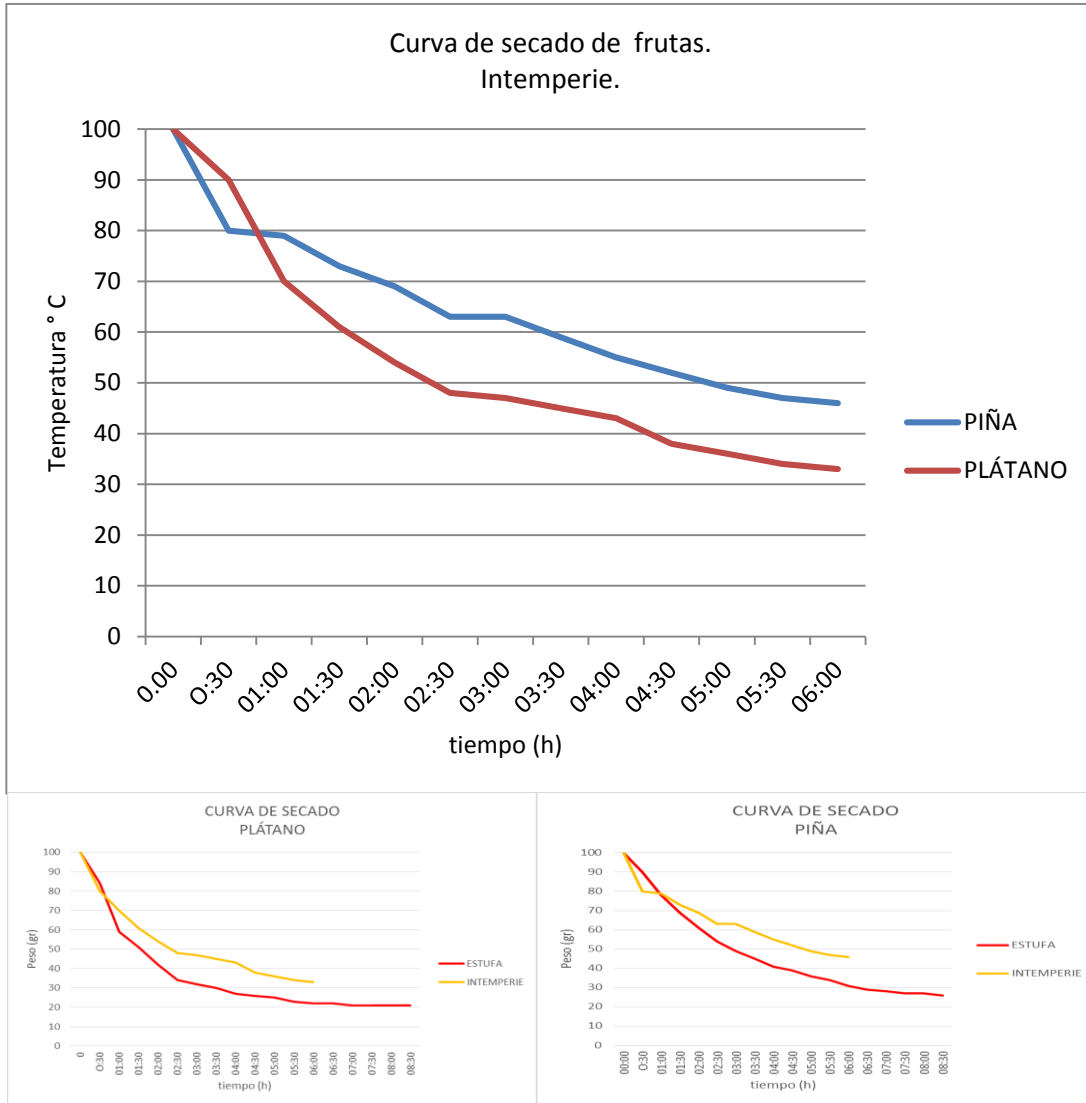
Graf.5.24 Curva de secado de frutas estufa multifuncional.



Para el caso del secado de frutas en la intemperie al igual que el comportamiento de la carne y las verduras, el proceso fue mucho más lento y no se pudo obtener el secado total en un día solar, de forma tal que pasada las 6 horas aún tenían el 35 y 45 % del plátano y la piña respectivamente, con las respectivas consecuencias anteriormente discutidas.

Estos procesos de secados o deshidratación visto desde el punto de la necesidad de conservar los alimentos por largos periodos después de la época de cosecha, es una buena alternativa para atenuar el gran problema del hambre extrema establecidos en los Objetivos del Desarrollo Sostenible, sin embargo, a pesar del que uso del secado a intemperie puede garantizar grandes cantidades de productos, tiene la desventaja de depender de los cambios climatológicos y por otro lado. Como se probó en los experimentos realizados en ningunos de los productos seleccionados un día solar fue suficiente para lograr el secado necesario para la conservación, en tal sentido se hace necesario hacer uso de la energía residual obtenida de las estufas ecológicas como la desarrollada en este proyecto.

Otras de las posibles opciones es el uso de secadores solares o secadores solares combinados con procesos bioenergéticas o la combinación de secado a intemperie y rematar la fase final con las estufas ecológicas multifuncional leña biogás.



Graf.. 5.23 Curva de secado de frutas intemperie



CAPITULO 6. CONCLUSIONES Y TRABAJO A FUTURO



Capítulo 6

6.1 Conclusión

Fue diseñado un dispositivo que además de la cocción de alimentos mediante el uso de la leña pudo integrar el biogás como combustible complementario, así como una serie de aditamentos que permiten el aprovechamiento de la energía integral térmica generada producto de la combustión tales como: secador de productos, calentador de agua, generador de vapor y calentador de aire, un suministrador de exceso de aire y dos quemadores para biogás. El diseño es modular, garantizando un fácil ensamble, posibilidad de integración de cada aditamento en función de las necesidades y posibilidades económicas de los usuarios, así como su transportación para aplicaciones masivas en comunidades ubicadas en zonas de difícil acceso.

Se construyó la estufa ecológica multifuncional leña-biogás con todos sus aditamentos para el aprovechamiento integral de la energía generada proveniente de la combustión según los parámetros establecidos en el diseño. El dispositivo básico utilizando como combustible solamente leña fue implementado en aproximadamente 3,000 hogares de comunidades rurales de difícil acceso de forma exitosa, comprobando que los procedimientos de ensamble y construcción masiva establecidos en el diseño fueron los correctos.

En la estufa ecológica multifuncional leña biogás se obtuvo un mejor desempeño que la estufa básica con combustible solo leña durante el proceso de evaluación de la temperatura alcanzada por el comal con respecto al tiempo, alcanzando 345 °C en treinta minutos lo cual supera en 80 °C el valor obtenido por la estufa básica de referencia en el mismo periodo de tiempo. Tiene una fase de estabilización que permite realizar el proceso de cocción de alimentos en menor tiempo. El sistema de suministro de exceso de aire permite tener un mejor desempeño del dispositivo.

La deshidratación de las muestras de los productos agropecuarios (carne, frutas y verduras) en el secador acoplado a la estufa ecológica multifuncional ocurre con



mayor rapidez y calidad en comparación con la realizada a la intemperie, teniendo además como ventajas la continuidad del proceso independientemente de la incidencia de fenómenos climatológicos adversos (falta de radiación solar o la incidencia de lluvia) y la no contaminación de los productos causada por la incidencia de polvo e insectos. Se logra la fase de estabilización del secado de los productos entre 6 y 8 horas, prácticamente la mitad del tiempo utilizado en el secado a la intemperie.

6.2 Trabajo a futuro

Realizar las evaluaciones en los restantes dispositivos acoplados a la estufa ecológica multifuncional leña-biogás, tales como calentador de agua, generación de vapor, calentador de aire, ahumado, secador automático de leña, entre otros.

Realizar las evaluaciones de análisis de gases y partículas emanadas de la combustión de los biocombustibles utilizados.

Evaluar el secado de otros productos agropecuarios diferentes a los considerados en este proyecto y un análisis comparativo respecto a un secador solar.

Realizar un proyecto donde se proponga la implementación de la estufa ecológicas multifuncionales leña-biogás.

Desarrollar una metodología específica para este dispositivo integral.



ANEXOS

Anexo 1.

Problemática por el uso de la leña

Problemas sociales

Muerte o enfermedades causadas por la inhalación de los gases (fundamentalmente monóxido de carbono) y partículas emitidas durante la combustión de la leña en fogones abiertos. Las enfermedades bronco-respiratorias afectan frecuentemente a las personas expuestas, en especial a las señoras que por lo general dedican gran parte de su tiempo dentro del área de la cocina (entre 8 a 14 horas diarias).



Las mujeres y niñas por lo general realizan la difícil tarea de acarreo y partido de la leña. Según evaluaciones realizadas en los altos de Chiapas, se estima que como promedio cargan 23 Kg de leña, recorriendo unos 1.5 km de distancia, esta realidad no es muy diferente a otras regiones del estado.



Contaminación interna dentro de los hogares, implicando que los utensilios o vasijas para cocinar se le cree una costra negra, la cual es prácticamente imposible de eliminar después de un tiempo, de igual forma ocurre con el techo y paredes de la habitación como se muestra en la siguiente figura. En encuestas realizadas esta es una de las cuestiones más señaladas por las mujeres debido a las implicaciones a la hora de mantener limpio del hogar y sobre sus manos y uñas durante el proceso de lavado y fregado de los utensilios de la cocina.



Problemas ambientales

El uso de cantidad no racional de leña implica una tala indiscriminada de árboles con sus consecuentes impactos al ecosistema, cada día son mayores las distancias que se debe recorrer para obtener dicho combustible, al no existir la cantidad de árboles, muchos animales pierden su habita implicando desequilibrio ecológico, aumenta el nivel de erosión y perdida de la capa vegetal de los suelos, especialmente en aquellos lugares que se encuentran en terrenos montañosos donde las corrientes de agua generada en los tiempo de lluvia aceleran estos procesos mencionados.





Problemas económicos

Los graves problemas de salud y al ecosistema circundante provocado por el uso de fogones abiertos implican también de forma directa o indirecta problemas económicos. Pues el enfisema pulmonar y enfermedades bronco-respiratorias conllevan a un gasto de dinero en medicamento y atención médica, de igual forma algunas familias que no pueden acarrear la leña se ven en la necesidad de comprarla. Paralelamente al disminuir los árboles cercanos se hace cada día más complejo tener la disponibilidad de animales y plantas que usan para su subsistencia. Una de las cuestiones que incide en que las personas no se puedan dedicar a otras cuestiones productivas es el tiempo que dedican diariamente a la elaboración de alimentos mediante este tipo de tecnología ineficiente y ambientalmente compleja.

Anexo 2.

Modelos de estufas ecológicas desarrolladas en México.

A continuación, se muestran a través de imágenes una serie de estufas ecológicas implementadas en el Estado de Chiapas.







Anexo 3.

Implementación de estufa Enerchía

Se implementaron 200 estufas en los municipios del Porvenir, La Grandeza y Bella Vista. Paralelo a estas metas se realizó la capacitación de tres personas seleccionadas por la misma comunidad para dar mantenimiento rutinario o pequeñas reparaciones a las estufas y entregar a cada vivienda un pequeño manual de usuario en el cual aparecen indicaciones para su operación y mantenimiento.

Durante la implementación de las estufas por cada comunidad, se logró en primer lugar la participación de los beneficiados, prestando especial interés en dos personas por comunidad las cuales participaron en la instalación de los dispositivos aprendiendo fundamentalmente como se instalan, cuales son las mayores dificultades que se presentan durante este proceso, como ubicar de forma adecuada la estufa en cada uno de las cocinas y cuáles podrían ser las dificultades más importantes que se podrían presentar durante el funcionamiento de las mismas, así como su posible solución. Es importante señalar que en el manual de operación y mantenimiento que fe entregado a cada vivienda, se explica con detalles las acciones de mantenimiento que es necesario realizar para garantizar el adecuado funcionamiento y la durabilidad de la estufa.

A continuación, se presentan el proceso de implementación de estufas ecológicas ahorradoras de leña en las comunidades beneficiadas, estas fueron instaladas en cada vivienda y al mismo tiempo se pusieron a funcionar con la presencia de los miembros de las viviendas. Este último proceso fue de vital importancia pues permitió dar las indicaciones pertinentes para el uso adecuado del dispositivo, las medidas de seguridad y protección que hay que tener en cuenta, durante el proceso de operación, así como, los mantenimientos preventivos y correctivos a tener en cuenta para la sustentabilidad del dispositivo.

El Porvenir, Municipio del Porvenir,
Chiapas

Datos Generales de la población

Hombres 705

Mujeres 731

Población total = 1436 habitantes

No. De viviendas = 309

Personas beneficiadas = 200

Grado de marginación = Medio



Demostración de armado de las estufas a la población beneficiada

Preparación de las estufas ecológicas para la entrega a la población beneficiada



Entrega de las estufas ecológicas a los beneficiados



Armado de los dispositivos en cada una de las viviendas



Familias beneficiadas del ejido el Porvenir



Familias beneficiadas del ejido el Porvenir



Familias beneficiadas del ejido el Porvenir



Familias beneficiadas del ejido el Porvenir



Familias beneficiadas del ejido el Porvenir

Bella Vista, Municipio Bella Vista, Chiapas

Datos Generales de la población

Hombres 816

Mujeres 856

Población total = 1672 habitantes

No. De viviendas = 340

Personas beneficiadas = 182

Grado de marginación = Medio



Características geográficas y tipos de viviendas del ejido Bella Vista



Traslado de los materiales para la construcción de las estufas ecológicas a la población beneficiada

Preparación de las estufas ecológicas para la entrega a la población beneficiada.
Participación de los alumnos de la UNICACH



Entrega de las estufas ecológicas a los beneficiados



Armado de los dispositivos en cada una de las viviendas



Familias beneficiadas del ejido Bella Vista



Familias beneficiadas del ejido Bella Vista

La Grandeza, Municipio La grandeza, Chiapas

Datos Generales de la población

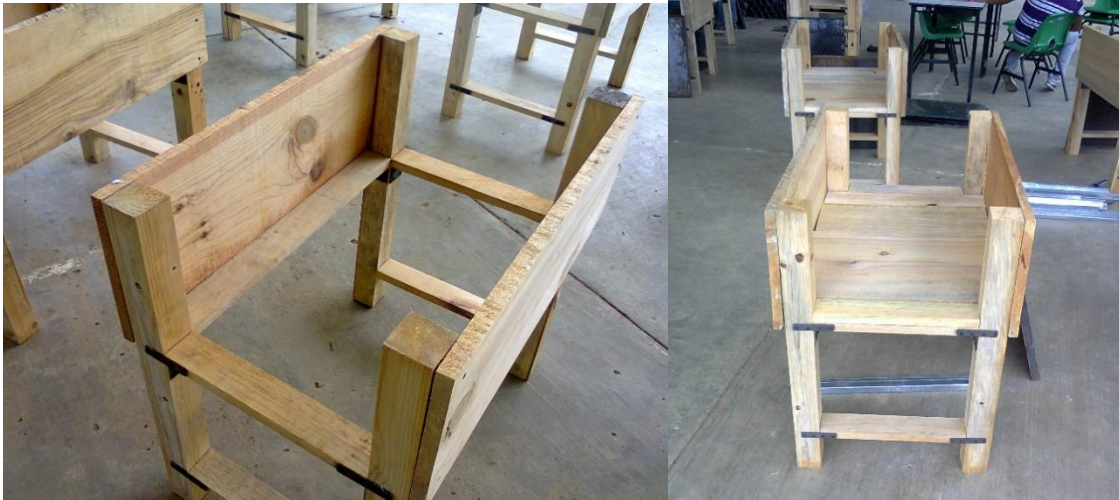
Hombres 516

Mujeres 528

Población total = 1044 habitantes

No. De viviendas = 232

Personas be



Armado de las estufas ecológicas para la entrega a la población beneficiada



Entrega de las estufas ecológicas a los beneficiados



Armado de los dispositivos en cada una de las viviendas



Familias beneficiadas del ejido la Grandeza



Familias beneficiadas del ejido la Grandeza













ANEXO 4.

Modelo de estufas funcionales registrado con patentes, US20160370011A1, Modelo de Utilidad No.3219 IMPI

Modelo de estufa ecológica como el registrado en la patente US20160370011A1 describe una estufa multifuncional para biomasa y otros combustibles con accesorios desmontables o permanentes utilizados para una variedad de propósitos tales como calefacción, generación termoeléctrica, producción de gas sintético, destilación, deshidratación de materiales orgánicos y ahumado de productos orgánicos utilizando una cámara única para las funciones de deshidratación, horneado de alimentos y ahumado de materiales orgánicos. Este dispositivo patentado tiene un sinnúmero de partes movibles lo que lo hace muy versátil, pero al mismo tiempo susceptible a fallos de instalación y fugas de calor y humos tóxicos. Una de las principales diferencias de la patente mencionada con las innovaciones e implementaciones propuestas en este escrito es el aprovechamiento del calor residual generado por la cocción de alimentos. En el Título de Registro como Modelo de Utilidad No.3219 del Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (IMPI) se describe una Estufa Móvil Multistemas De Leña, solamente se mencionan dos sistemas, además de realizar la función básica de cocción de alimentos; uno que “produzca agua caliente para obtener agua hervida y agua caliente para el aseo personal, además de un generador de electricidad como fuente de iluminación en el hogar (sic)” lo que limita en gran medida el aprovechamiento efectivo del calor residual generado durante la acción de cocción de alimentos.



REFERENCIAS



BIBLIOGRAFIA

- [1] The Environment Department (Climate Change), The World Bank. Household Cookstoves, Environment, Health and Climate Change: A New Look at an Old Problem. May 2011.
- [2] H. Geller y D. Gautam. Medición de la economía del combustible de cocción leña. FAOSIDA; Roma, 1999.
- [3] S. F. Baldwin, Biomass stove: engineering design, development and dissemination. Princeton, N. J., Center for Energy and Environmental Studies; 1986; p. 287.
- [4] M. Teresa P. Mejoramiento de la eficiencia de combustión de una estufa de leña, utilizada en la región purépecha del Estado de Michoacán Ciudad Universitaria, Octubre de 2007; p. 4.
- [5] Víctor Manuel B. S. Evaluación energética del desempeño de dispositivos para la cocción con leña; pp 29,30,31.
- [6] S. Hazra, J. L. Ipsita, D. Ashok, K. Singha. Adoption and Use of Improved Stoves and Biogas Plants in Rural India. South Asian Network for Development and Environmental Economics (SANDEE) August 2014; p. 3.
- [7] M. Mendis. Biogas in rural household energy supply: The Nepal Biogas Support Program The Ministry of Foreign Affairs, the Netherlands; p 1
- [8] S. B. Indira, S. shakya. The Nepal biogas support program: a successful model of public private partnership for rural household energy supply. 2005; p. 45.
- [9] David Olubiyi Obada*, Anthony Iheanyichukwu Obi, Muhammad Dauda and Fatai Olukayode Anafi. Design and Construction of a Biogas Burner. Palestine Technical University Research Journal, 2014, 2(2), 35-42 p35



- [10] M. C. Mapako, A. (Abel) Mbewe, and S. Habtetsion, Renewables and energy for rural development in Sub-Saharan Africa. Zed Books, 2004.
- [11] Ø. Skreiberg. Fuelsim - Transient v1.0, The Norwegian University of Science and Technology, Institute of Thermal Energy and Hydropower, August 2002
- [12] International Energy Agency. The Handbook of Biomass Combustion & Co-firing, 2002.
- [13] T. Nussbaumer and J. E. Hustad. Overview of Biomass Combustion, October 1996.
- [14] L. Sasse, "Biogas plants," Vieweg Sohn Wiesb., 1988.
- [15] A. J. Marchese, "Chemical Equilibrium Course Pack," in Combustion, Colorado State University, 2015.
- [16] I. Glassman, R. A. Yetter, and N. G. Glumac, Combustion. Academic Press, 2014.
- [17].L.Gattei, "A study on the fluid dynamics of domestic Gas burners," alma, 2009
- [18] O. Martínez, "Desarrollo de un laboratorio y una metodología para la evaluación de estufas ecológica" Aguirre.
- [19] L. Velez, "Evaluación de los parámetros de operación de un biodigestor rígido modelo dm1"
- [20] Víctor M. Berrueta, Rufus D.Edward, OmarR. Masera Energy performance of wood-burning cookstoves in Michoacan, Mexico.
- [21] Product K.G.L.R. Jayathunge^{1*} , R.A.N.S. Kapilarathne² , B.M.K.S. Thilakarathne¹ , M.D.Fernando¹ , K.B. Palipane³ and P.H.P. Prasanna²



Development of a methodology for production of dehydrated tomato powder and study the acceptability of the

[22] Andritsos 1 , P. Dalampakis² and N. Kolios³ ¹Chemical Process Engineering Research Institute, Greece USE OF GEOTHERMAL ENERGY FOR TOMATO DRYING N.

[23] Cecilia Isabel Gutiérrez de Alva Historia de la gastronomía ISBN 978-607-733-134-6 Primera edición: 2012

[24] The UNESCO courier: a window open on the world, “El Origen del hombre” Vol.:XXV, 8/9; 1972

[25] Horta LA, Trossero MA. Introducing WEIS: the FAO wood energy information system. Biomass energy: data, analysis and trends; 1998.

[26] Díaz R. Consumo de leña en el sector residencial de México.

[27] Volunteers in Technical Assistance (VITA). Testing the efficiency of wood-burning cookstoves. Arlington, VA: Provisional International Standards; 1985.

[28] Baldwin SF. Biomass stoves: engineering design, development, and dissemination. Princeton, NJ: Center for Energy and Environmental Studies; 1986.

[29] Global Methane Initiative. Resource assesment for livestock and agro-industrial wastes, México, november 2010.