



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE TECNOLOGÍA DE LA INDUSTRIA
INGENIERIA MECÁNICA**

MONOGRAFÍA

``Evaluación Energética de Cocinas Mejoradas a través del Método
Water Boiling Test 4.2.3``

AUTORES

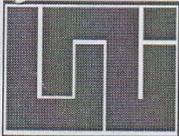
Br. Marcos Antonio Solís Pérez.

Br. David Horacio Padilla Pérez.

TUTOR

Ing. María Teresa Castillo.

Managua, 15 de Marzo de 2016.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Tecnología de la Industria

SECRETARÍA DE FACULTAD

F-8: CARTA DE EGRESADO

El Suscrito Secretario de la **FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA INDUSTRIA** hace constar que:

PADILLA PÉREZ DAVID HORACIO

Carne: **2009-29419** Turno **Diurno** Plan de Estudios **972A** de conformidad con el Reglamento Académico vigente en la Universidad, es **EGRESADO** de la Carrera de **INGENIERÍA MECANICA**.

Se extiende la presente **CARTA DE EGRESADO**, a solicitud del interesado en la ciudad de Managua, a los veinte y tres días del mes de julio del año dos mil quince.

Atentamente,

Ing. Wilmer José Ramírez Velásquez
Secretario de Facultad





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Tecnología de la Industria

SECRETARÍA DE FACULTAD

F-8: CARTA DE EGRESADO

El Suscrito Secretario de la **FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA INDUSTRIA** hace constar que:

SOLIS PÉREZ MARCOS ANTONIO

Carne: **2009-29512** Turno **Diurno** Plan de Estudios **972A** de conformidad con el Reglamento Académico vigente en la Universidad, es **EGRESADO** de la Carrera de **INGENIERÍA MECANICA**.

Se extiende la presente **CARTA DE EGRESADO**, a solicitud del interesado en la ciudad de Managua, a los veinte y siete días del mes de abril del año dos mil quince.

Atentamente,

Ing. Wilmer José Ramírez Velásquez
Secretario de Facultad



DECANATURA

A: Brs. Marcos Antonio Solís Pérez
David Horacio Padilla Pérez

DE: Facultad de Tecnología de la Industria

FECHA: Jueves 16 de julio del 2015

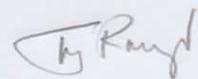
Por este medio hago constar que su trabajo de Investigación Titulado **“Evaluación Energética de Cocinas Mejoradas con el Método Water Boiling Test 4.2.3”**. Para obtener el título de Ingeniero Mecánico, y que contara con la Ing. María Teresa Castillo Rayo, Como profesor guía, ha sido aprobado por esta Decanatura por lo que puede proceder a su realización.

Cordialmente,


Ing. Daniel Cuadra Horney
Decano



C/c Archivo



DECANATURA

A: Brs. Marcos Antonio Solís Pérez
David Horacio Padilla Pérez

DE: Facultad de Tecnología de la Industria

FECHA: Lunes 11 de enero del 2016

Por este medio hago constar que la solicitud de prórroga para el trabajo de Investigación Titulado **“Evaluación Energética de Cocinas Mejoradas a través del método Water Boiling Test 4.2.3”**, para obtener el título de Ingeniero Mecánico, y que contara con la Ing. María Teresa Castillo, Como tutor, ha sido aprobado para el día martes 15 del mes marzo del año 2016.

Cordialmente,

Ing. Daniel Cuadra Horney
Decano



C/c Archivo

Managua Febrero 23 de 2016.

Ing. Daniel Cuadra Horney.
Decano de la Facultad de Tecnología de la Industria.
Sus ivo.

Estimado Ingeniero.

Tengo el agrado de comunicarle que el tema monográfico titulado: **"Evaluación energética de Cocinas Mejoradas con el Método Water Boiling Test 4.2.3"**, que fue elaborado por los bachilleres:

- David Horacio Padilla Pérez. 2009-29419
- Marco Antonio Solís Pérez. 2009-29512

Ha concluido satisfactoriamente, por lo que le solicito su aprobación a fin a que designe al tribunal examinador que usted estime conveniente a fin de que los bachilleres antes mencionados puedan optar al título de Ingeniero Mecánico.

Sin más a que referirme me despido de usted agradeciéndole de antemano.

Cordialmente.



MSc. Ing. Maria Teresa Castillo Rayo.
Docente tutor.

Cc: Archivo.

Dedicatoria.

A Dios por su infinito amor que nos bendice a diario derramando infinitas bendiciones permitiéndonos concluir esta etapa de nuestras vidas y poniendo todo siempre en sus manos para que todo en nuestra vida sea guiado por él.

A nuestras Madres a las cuales amamos y les agradecemos infinitamente todo su amor y apoyo incondicional motivándonos día tras día para lograr nuestras metas, las cuales esperamos sean de orgullo para ellas.

A nuestra tutora María Teresa Castillo por su paciencia y apoyo incondicional, igualmente a todos los que conformaron el equipo que llevamos a cabo el estudio, personal de la GIZ, consultores expertos y docentes.

A nuestras familias, amigos y compañeros que colaboraron con nosotros en todo lo que necesitamos.

“Y a ti amigo querido que Dios te puso en mi camino para que juntos lleguemos a este momento tan importante y especial que sin ti no hubiese sido posible simplemente gracias por ser el mejor”.

Resumen Ejecutivo

En Nicaragua los bajos rendimientos del uso de la energía contenida en la leña derivados del uso de cocinas ineficientes ha generado: una alta demanda de leña a nivel nacional y tiempo de las mujeres y niños involucrados en la recolección y la cocción de los alimentos; una alta contaminación del aire dentro de las viviendas con efectos adversos en la salud.

El Gobierno de Reconciliación y Unidad Nacional (GRUN) consciente de la dimensión nacional y la complejidad del desafío, ha venido realizando diferentes acciones para contribuir a la sostenibilidad del recurso biomasa y mejorar las condiciones de vida de la población consumidora de leña, entre éstas acciones tenemos: la Estrategia Nacional de Leña y Carbón Vegetal (ENLCV) de Nicaragua, 2014-2022.

Una de las acciones a priorizar dentro del marco de la ENLCV es el “Desarrollo de una Norma Técnica de Certificación y Establecimiento de un Laboratorio de Pruebas de Cocinas Mejoradas en Nicaragua con el fin de contar con un instrumento de regulación que normalice las condiciones que una cocina a leña debe de cumplir en cuanto a consumo energético, reducción de emisiones y de seguridad para ser denominada como cocina mejorada en Nicaragua. El MEM, con el apoyo financiero y técnico del Programa EnDev de la Cooperación Internacional Alemana (GIZ), inició el proceso de planificación con la contratación de un Consultor y Experto internacional para la capacitación de los actores claves donde formamos parte nosotros como estudiantes sobre estándares técnicos, elaboración de una estrategia y plan de trabajo para el desarrollo de la Norma Técnica y el establecimiento de un Laboratorio. Como parte de los resultados de esta consultoría y su plan de trabajo, se obtuvo una propuesta de Anteproyecto de Norma Técnica de Cocinas Mejoradas para Nicaragua, adoptada de la Norma Técnica de Bolivia, la cual contiene estándares técnicos que deben ser validados y apropiados al contexto nicaragüense y sobre dichos resultados realizamos nuestra Tesis Monográfica como participantes de la consultoría aportando no solo en la colaboración con nuestro trabajo sino dejando un primer documento sobre el cual se demuestra el aporte en cuanto a materias de investigaciones que este proyecto aporta a la comunidad estudiantil de la Universidad Nacional de Ingeniería en la espera de futuras tesis de otros estudiantes.

Tabla de contenido

I. INTRODUCCION.....	1
II. JUSTIFICACION	4
III. OBJETIVOS.....	5
IV. MARCO CONCEPTUAL.....	6
4.1.1 Fogón	6
4.1.2 Anafe.....	6
4.1.3 Biomasa.....	6
4.1.3.1 Tipos de biomasa	6
4.1.4 Leña.....	7
4.1.5 Material de ignición	7
4.1.6 Cámara de combustión	7
4.1.7 Elementos de operación de la cocina	7
4.1.8 Elementos de manipulación de la olla	7
4.1.9 Superficie externa de la cocina	7
4.1.10 Tiempo	8
4.1.11 Tiempo de hervido	8
4.1.12 Ambiente.....	8
4.1.13 Eficiencia térmica.....	8
4.1.14 Consumo energético.....	8
4.1.15 Material particulado (PM.....	8
4.1.16 Microgramo por metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$	8
4.1.17 Monóxido de carbono (CO.....	9
4.1.18 Partes por millón en volumen (ppmv	9
4.2 Cocina mejoradas.....	9
4.3 Las condiciones técnicas mínimas que debe cumplir una cocina, para que sea considerada cocina mejorada son las siguientes	9
4.4 Recomendaciones para la instalación de cocinas mejoradas.....	11
4.5 Modelos	12
4.5.1 Onil.....	12
4.5.2 Estufa Multiuso o Tradicional (mini eco fogón	12

4.5.3 Eco-barril.....	12
4.6 Protocolo Water Boiling Test 4.2.3.....	12
4.7 Enfermedades causadas por el uso de combustibles sólidos ineficientes.....	12
4.7.1 Neumonía.....	13
4.7.2 Accidente cerebrovascular.....	13
4.7.3 Cardiopatía isquémica.....	13
4.7.4 Neumopatía obstructiva crónica.....	14
4.7.5 Cáncer de pulmón.....	14
4.7.6 Otras consecuencias sanitarias.....	14
ANALISIS Y.....	15
PRESENTACION DE RESULTADOS.....	15
5.1 DISEÑO METODOLOGICO.....	16
Water Boiling Test (WBT).....	16
PRUEBA DE EBULLICION DE AGUA PANORAMA GENERAL.....	16
5.2 BENEFICIOS Y LIMITANTES DEL WATER BOILING TEST.....	18
6.1 PREPARACION DEL LABORATORIO.....	20
6.2 OBTENER EL EQUIPO NECESARIO.....	20
6.3 CALIBRACION DE LOS EQUIPOS.....	21
6.4 Limpieza de los dispositivos de medición.....	22
7.1 Fase preliminar.....	23
7.2 PODER CALORIFICO ALTO, POTENCIA ALTA (INICIO EN FRIO.....	24
7.3 SEGUNDA FASE; POTENCIA ALTA (INICIO EN CALIENTE).....	25
7.4 TERCERA FASE: POTENCIA BAJA (HERVOR A FUEGO LENTO).....	26
8.1 DETERMINACION DE LA CONCENTRACION DE MONOXIDO DE CARBONO.....	27
8.2 DETERMINACION DE LA CONCENTRACION DE MATERIAL PARTICULADO.....	31
10.1 BORDES Y ZONAS AGUDAS.....	40
10.2 INCLINACION DE LA COCINA.....	41
11.1 PROCESAMIENTO DE DATOS.....	56
11.2 TOMA DE DATOS Y CALCULOS.....	57
11.3 Prueba de Potencia alta de Inicio Frío y Caliente.....	58
11.3.1 CALCULOS.....	59
11.4 Prueba de Potencia baja (Hervido a fuego lento.....	63
11.4.1 Cálculos.....	64

12.1 Ambiente de Pruebas y sistema de adquisición de datos	66
12.2 Combustible	71
13.1 Análisis de valores anómalos	75
13.2 Resultados de Valores Referenciales (BENCHMARK VALUES	76
13.3 Resultados de Emisiones (Concentraciones Intradomiciliarias	79
13.4 Resultados de Seguridad.....	82
14.1 Propuesta de rendimiento energético.....	85
15.1 Resumen de las actividades realizadas	89
15.2 Conclusiones	93
15.3 Recomendaciones.....	95
ANEXOS	98
Anexos 1- Análisis de datos atípicos – Test de grubbs.....	99
Fogón tradicional	99
Eco barril	100
Mini eco fogón	101
Onil.....	102

Tabla No. 1 Reducción relativa de CO.....	30
Tabla No.2 Reducción relativa de PM-2,5.....	38
Tabla No.3 Factores de peso asignado a cada prueba de seguridad.....	38
Tabla No.4 Rango global	39
Tabla No.5 Nivel de seguridad	39
Tabla No.6 No. De enganches del paño.....	41
Tabla No.7 Relación entre altura inicial y altura inclinada	43
Tabla No.8 Área expuesta a expulsión de combustible.....	44
Tabla No.9 Altura de elemento sobresaliente de la superficie de la cocina.....	46
Tabla No.10 Temperatura de la superficie de la cocina	48
Tabla No. 11 Transmisión de calor a los alrededores	51
Tabla No.12 Temperatura de los elementos de operación de la cocina	53
Tabla No.13 Aislamiento térmico de la chimenea	55
Tabla No.14 Llamas circundantes a las ollas.....	57
Tabla No. 15 Llamas y/o combustibles que salen de la cámara de combustión	58
Tabla No. 16 Consumo energético.....	60
Tabla No.17 Tiempo de hervor	60
Tabla No.18 Datos que se consideran constantes durante las pruebas.....	60
Tabla No. 19 Variables medidas antes y después de la prueba.....	61
Tabla. No. 20 Variables que son calculadas.....	62
Tabla No. 21 Variables que son directamente medidas (potencia baja).....	66
Tabla No. 22 Variables que son calculadas. (Potencia baja).....	67
Tabla 23 – Detalle de las condiciones de las pruebas de cocinas mejoradas.....	75
Tabla 5 – Niveles de clasificación de resultados de seguridad para cocinas mejoradas. Fuente: NB 83001	87
Tabla 4 – Rango de evaluación de conformidad de la NB 83001	88
Tabla 3 – Factores de peso asignados a cada prueba de seguridad. Fuente: NB 83001	89
Tabla 24 – Descripción de las pruebas de seguridad y puntaje obtenido en la cocina mejorada Mini Eco fogón	87
Tabla 25 – Tiempos de ebullición de la primera olla en el inicio en frío.....	89

Tabla 26 - Tiempos de hervor de fase fría de Estudio Comparativo de Cocinas. Fuente: Datos de J. Gonzáles.....	90
Tabla 27 – Porcentajes de reducción de cocinas mejoradas. Pruebas en laboratorio con tasa de ventilación constante.....	91
Tabla 28 – Detalle de las actividades de evaluación de las cocinas mejoradas.....	92
Figura No.2 Prueba de inclinación de la cocina	42
Figura No.3 Cuadrícula para medición de temperatura	48
Figura 4 – Efecto de mezcal vertical en el ambiente de pruebas	71
Figura 5 – Visualización de datos típicos de una prueba de WBT. La línea superior representa la temperatura de la chimenea. Las líneas inferiores corresponden a las ollas.....	72
Figura 6 – Visualización de datos de monitores de CO y PM-2.5 en equipo IAP	73
Figura 7 – Vista parcial de la entrega de resultados del WBT versión 4.2.3	76
Figura 8 – Esquema conceptual del uso de indicadores y estándares para evaluación de cocinas	77
Figura 9 – Detalle de la planilla WBT con el despliegue de los cálculos de los Valores de Referencia	78
Figura 10 – Resultados del test de Grubbs para valores anómalos. Caso fogón tradicional (A=Aceptado, R=Rechazado).....	79
Figura 11 – Valor Referencial de Uso de Energía promedio (Fuel Use Benchmark Value).....	80
Figura 12. Tiempo de hervor promedio respecto a la etapa en frío.....	81
Figura 13 – Valor Referencial de Uso de Combustible (g/5L)	81
Figura 14 – Concentraciones de CO en ppm para las pruebas de cocinas mejoradas y fogon tradicional	82
Figura 15 - Concentraciones de PM-2.5 en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para las pruebas de cocinas mejoradas y fogón tradicional	83
Figura 16 – Reducción Relativa de CO y PM-2.5 respecto al fogón tradicional.....	84

I. INTRODUCCION.

En la actualidad casi la mitad de la población mundial cocina, hierva agua o calienta sus casas a través de la quema de maderas, estiércol, residuos agrícolas, o carbón en fuegos abiertos o estufas rudimentarias.

En América Central, 20 millones de personas cocinan con biomasa en fogones abiertos o estufas rudimentarias. El número de personas en la región que usan biomasa para cocinar seguirá siendo significativo durante mucho tiempo debido a la alta incidencia de la pobreza, los altos precios combinados con la falta de sostenibilidad de los subsidios del gas licuado de petróleo, y el acceso relativamente fácil a la leña en la región. La oferta de cocina limpia y eficiente para estas personas no es una cuestión relacionada solamente con la energía, sino también con la pobreza, la desigualdad de género, la salud pública, la sostenibilidad ambiental, el empleo local, el cambio climático y la agricultura (Energy Sector Management Assistance Program (ESMAP), 2012).

El cocinar con leña es una de las formas más difundidas de preparar los alimentos. Según "The Global Alliance For Clean Cookstoves", en Nicaragua el 56.5% de la población tanto en el área rural (91.8%) como urbana (31.4%) cocinan con este tipo de combustible. Tanto es así que según el ministerio de energía y minas (MEM) la leña ocupa el 45.8% del consumo final de energía del país y es utilizada casi exclusivamente en los hogares para cocción de alimentos.

La forma de cocción tradicional consiste en un fuego abierto o fogón abierto constituido por tres piedras y en el cual se consume una gran cantidad de combustible (leña) que produce emisiones de partículas y gases de combustión que afectan negativamente a la salud humana.

Debido a los contaminantes que emite (partículas y gases tóxicos), la cocina tradicional que funciona bajo estas fuentes de energía puede producir muchos daños a la salud, entre los que se pueden resaltar las infecciones respiratorias agudas, enfermedades pulmonares obstructivas crónicas, cáncer al pulmón, al tracto nasofaríngeo y de laringe, consecuencias adversas en el embarazo, enfermedades asociadas al corazón, problemas oculares y de la piel, síntomas de intoxicación por monóxido de carbono. A sí mismo la quema de biomasa libera al ambiente gases de efectos invernaderos, dioxinas y furanos, metano entre otras sustancias químicas contaminantes al ambiente.

La exposición diaria a los humos nocivos de las cocinas tradicionales es una de las mayores pero menos conocidas causas de muerte en el mundo. Tanto así que, según el "Human development report 2007\ 2008" del programa de las Naciones Unidas (PNUD), los humos de las cocinas tradicionales y los fogones abiertos causan dos millones de muertes prematuras al año en el mundo, siendo las mujeres y los niños los más afectados.

Aunque no es la principal causa de deforestación el uso insostenible de la biomasa como combustible está causando la degradación ambiental en los países en vías de desarrollo, donde a pesar que el consumo energético per cápita es reducido en comparación con el mundo industrializado, el 90% de esta energía es utilizada para cocinar los alimentos.

En Nicaragua, el ministerio del ambiente y los recursos naturales (MARENA) estimó en 2008 que se están perdiendo 70,000 Ha de bosques anualmente, mientras que la tasa de reforestación es de 15,000 Ha al año. En el marco de estrategia Nacional para el periodo 2011-2025 se incide en la necesidad de mejorar la eficiencia energética en la utilización de la leña y el carbón vegetal, donde se propone para ello entre otras medidas fortalecer los programas sociales para la distribución de cocinas mejoradas en hogares rurales y peri-urbanos.

Es importante señalar que para la FAO (organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura), la energía que proviene de la leña es considerada una fuente de energía renovable sin efectos sobre el clima y viable desde el punto de vista social, pero esto sucede solo cuando se cumplen ciertas condiciones que son:

- Que la leña provenga de recursos sometidos a una gestión sostenible.
- Que el combustible tenga unos parámetros adecuados, y
- Que este se incinere o se gasifique eficientemente para minimizar las emisiones interiores y exteriores.

En la última década una nueva generación de cocinas mejoradas ha entrado al mercado en América Central. Los beneficios obtenidos son:

- La mejora de la salud pública.
- La reducción de la deforestación.
- La mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero, lo cual compensa con creces los costos de difusión de las cocinas mejoradas.
- Durante los últimos 10 años, se han puesto en marcha iniciativas para difundir su uso en la región con la participación de organismos donantes, gobiernos y organizaciones no gubernamentales, así como empresarios locales.

Debido a esta situación diferentes empresas involucradas en la investigación, desarrollo, construcción y promoción de estos sistemas han desarrollado distintos

modelos de cocinas mejoradas que actualmente se están comercializando en el país en dependencia a las necesidades de los usuarios.

Aunque el mercado de las cocinas mejoradas es muy emergente y con alta potencialidad, la cantidad de cocinas distribuidas es muy limitada, en Nicaragua se estima que solo el 5.2% de los hogares que consumen leña disponen de una cocina eficiente (MEM, 2007).

En la actualidad la promoción y la campaña de distribución de estas tecnologías han hecho que este porcentaje aumente aunque no hay datos concretos fiables; dos de los principales constructores de cocinas en Nicaragua han distribuido aproximadamente 13,000 cocinas mejoradas (R. Jiménez, 2010).

Debe señalarse que aunque existen algunas experiencias positivas con los programas de cocinas mejoradas alrededor del mundo, se está lejos de entender cabalmente los aspectos fundamentales necesarios para el desarrollo y el funcionamiento con éxito de grandes programas de cocinas mejoradas en términos del número de cocinas instaladas y adoptadas; y se sabe aún menos acerca del uso de las cocinas. A pesar de los muchos programas de estufas para cocinar que se han ejecutado en todo el mundo desde principios de la década de 1980, pocos de ellos han tenido éxito en términos de escala y sostenibilidad.

Los estudios han demostrado que la causa principal de la falla de estos programas es que muchos de estos modelos no han sido técnica ni contextualmente evaluados y pueden ser producto de tecnologías antiguas que no siempre funcionan como sus promotores afirman (Expósito, 2013).

Por esta causa surge la necesidad de la evaluación de estas cocinas aplicando un protocolo internacional que determine los parámetros de eficiencia y seguridad de las mismas ya que ninguna de ellas cuenta con una certificación de validación de eficiencia energética y seguridad.

El propósito de este trabajo monográfico es la evaluación energética de las cocinas existentes en el laboratorio de biomasa UNI-RUPAP-FTI utilizando el método Water Boiling Test 4.2.3, **metodología que determinara la funcionalidad y seguridad de dichas cocinas.**

II. JUSTIFICACION.

En Nicaragua existe una gran diversidad de modelos de cocinas mejoradas desarrollados por las propias organizaciones o adquiridos a través de mecanismos de transferencia de tecnologías. Sin embargo, muchos de los modelos de cocinas mejoradas no han sido técnica ni contextualmente evaluados y pueden ser producto de tecnologías antiguas que no siempre funcionan como sus promotores afirman.

Dentro de este contexto aparece la necesidad de realizar una sistematización de las cocinas mejoradas más difundidas en Nicaragua de forma comparativa e imparcial.

Por este motivo actualmente el Ministerio de Energía y Minas del Gobierno de Nicaragua está llevando a cabo el desarrollo de una Norma Técnica Nicaragüense para evaluación y certificación de Cocinas Mejoradas. En este sentido, el desarrollo de la Norma requiere de la definición de estándares o valores referenciales mínimos de cumplimiento para ciertos parámetros en el desempeño de las cocinas, obtenidos estos bajo condiciones controladas en un laboratorio que brinde credibilidad a la eficiencia y funcionabilidad de estas mediante una certificación; He aquí la razón e importancia de este trabajo de investigación monográfica ya que nuestro objetivo al evaluar las cocinas existentes en el laboratorio de biomasa de la UNI-RUPAP-FTI mediante la implementación del protocolo internacional Water Boiling Test 4.2.3 es obtener una línea base de parámetros de eficiencia energética para el respaldo de la creación de la norma técnica en el país.

III. OBJETIVOS:

Objetivo general:

Obtener una línea base de parámetros de eficiencia energética de las cocinas mejoradas existentes en el laboratorio de biomasa, UNI-RUPAP-FTI, utilizando el protocolo `` Water Boiling Test 4.2.3 `` para el respaldo de la implementación de futuras normas técnicas en Nicaragua.

Objetivo específico:

- Determinar la eficiencia energética de las cocinas mejoradas existentes en el laboratorio: Estufa de plancha Onil, Mini-eco fogón, Eco-barril.
- Evaluar el factor de seguridad de los modelos de cocinas existentes en el laboratorio.
- Comparar la eficiencia energética de los tres modelos de cocinas utilizadas en las pruebas vs el fogón tradicional tres piedras.

IV. MARCO CONCEPTUAL.

4.1.1 Fogón:

Es un fuego abierto constituido por tres piedras, en el cual se consume una gran cantidad de combustible (leña) y se producen emisiones de partículas y gases de combustión que afectan negativamente a la salud humana y al medio ambiente circundante.

4.1.2 Anafe:

Horno pequeño para cocinar y calentar alimentos, generalmente portátil.

4.1.3 Biomasa:

Materia orgánica originada en un proceso biológico, natural o provocado, utilizable como fuente de energía, la materia orgánica más utilizada para cocción de alimentos en zonas rurales y semi urbanos de nuestro país son la leña, la bosta y otros tipos de biomasa.

4.1.3.1 Tipos de biomasa:

Se distinguen varios tipos de biomasa, según la procedencia de las sustancias empleadas, como la biomasa vegetal, relacionada con las plantas en general (troncos, ramas, tallos, frutos, restos y residuos vegetales, etc.); y la biomasa animal, obtenida a partir de sustancias de origen animal (grasas, restos, excrementos, etc.).

Otra forma de clasificar los tipos de biomasa se realiza a partir del material empleado como fuente de energía:

- **Natural:** Es aquella que abarca los bosques, árboles, matorrales, plantas de cultivo, etc. Por ejemplo, en las explotaciones forestales se producen una serie de residuos o subproductos, con un alto poder energético, que no sirven para la fabricación de muebles ni papel, como son las hojas y ramas pequeñas, y que se pueden aprovechar como fuente energética
- **Residual:** Es aquella que corresponde a los residuos de paja, aserrín, estiércol, residuos de mataderos, basuras urbanas, etc.
- **Biomasa seca y húmeda:** Según la proporción de agua en las sustancias que forman la biomasa, también se puede clasificar en:

- Biomasa seca: madera, leña, residuos forestales, restos de la industria maderera y del mueble, etc.
- Biomasa húmeda: residuos de la fabricación de aceites, lodos de depuradora, purines, etc.

Esto tiene mucha importancia respecto al tipo de aprovechamiento, y los procesos de transformación a los que puede ser sometida para obtener la energía pretendida.

4.1.4 Leña:

Madera utilizada para quemar como combustible en las cocinas mejoradas.

4.1.5 Material de ignición:

Elementos utilizados para encender el combustible (fósforos, kerosene, diésel, gasolina).

4.1.6 Cámara de combustión:

Espacio de la cocina donde se realiza el proceso de combustión (quemado de biomasa).

4.1.7 Elementos de operación de la cocina:

Piezas y/o accesorios de la cocina para su utilización (puertas, manijas, asas, rejillas, etc...)

4.1.8 Elementos de manipulación de la olla:

Asas y manijas de la misma.

4.1.9 Superficie externa de la cocina:

Son las caras exteriores de la cocina que pueden tener contacto directo con el usuario.

4.1.10 Tiempo:

Es el tiempo necesario para llevar al punto de ebullición 5 litros de agua.

4.1.11 Tiempo de hervido:

Una cocina mejorada debe disminuir el tiempo de hervor de agua y por lo tanto de cocción de los alimentos, en relación a una cocina tradicional o fogón.

4.1.12 Ambiente:

Lugar donde se ubica la cocina y se realizan periódicamente las tareas de cocción de alimentos y almacenamiento del combustible.

4.1.13 Eficiencia térmica:

Es la cantidad de trabajo necesario para calentar agua con la energía generada por el combustible.

4.1.14 Consumo energético:

Es la cantidad necesaria de energía para llevar 5 litros de agua al punto de ebullición en cada prueba.

4.1.15 Material particulado (PM):

Es aquel material sólido o líquido finamente dividido, cuyo diámetro aerodinámico es inferior de 100 μm , parte del cual corresponde a una fracción de partículas respirables (de diámetro aerodinámico igual o menor a 10 μm). En este documento se considera como tamaño representativo el material particulado menor a 2,5 μm (PM-2,5).

4.1.16 Microgramo por metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$):

Unidades de medida usadas para expresar la concentración de material particulado (PM).

4.1.17 Monóxido de carbono (CO):

Gas inodoro, incoloro e insípido, ligeramente menos denso que el aire, cuya estructura molecular está conformada por un átomo de carbono y uno de oxígeno. El CO es producto de la combustión incompleta de materiales combustibles como gas, gasolina, kerosén, petróleo, madera y otras biomásas combustibles.

4.1.18 Partes por millón en volumen (ppmv):

Unidades de medida usadas para expresar la concentración de gases.

4.2 Cocina mejoradas:

Tipo de cocina construida o instalada que cumple (4) condiciones:

- Utiliza biomasa para la cocción de alimentos u otros usos.
- Cumple con los factores de seguridad establecidos.
- Cuenta con una chimenea o ducto para la evacuación de gases al exterior.
- Cuenta con el certificado de validación emitidas por las entidades legalmente acreditadas.

Existen dos tipos de cocinas mejoradas: fijas y portátiles.

4.3 Las condiciones técnicas mínimas que debe cumplir una cocina, para que sea considerada cocina mejorada son las siguientes:

➤ Bordes y zonas agudas:

Los bordes y zonas agudas presentes en una cocina pueden rasgar la piel o enredar las prendas de vestir y volcar la cocina. Por lo tanto, la cocina no debe contar con bordes y zonas agudas que puedan causar daños a los usuarios.

➤ Inclinación de la cocina portátil:

Es importante que una cocina portátil sea bastante estable y mantenga una orientación vertical durante su funcionamiento; caso contrario el contenido de los recipientes podría derramarse sobre personas o materiales adyacentes. Por lo tanto, las cocinas después de ser inclinadas levemente deben volver a su posición inicial.

➤ **Probabilidad de expulsión de combustible ardiente:**

El combustible ardiente puede expeler o derramar de una cámara de combustión cuando una cocina se vuelca. Esto puede causar quemaduras en los ojos/piel y también puede crear fuego en los materiales o construcciones circundantes. Por lo tanto, el combustible encendido debe caer raramente de la cocina cuando se vuelca y las brasas que se queman del combustible deben tener poca ocasión de ser expelidas de la cámara de combustión.

➤ **Obstrucciones cercanas a la superficie de las cocinas:**

Estas obstrucciones incluyen a las manijas perpendiculares a la plancha que se utilizan para quitar la superficie de la cocina para su mantenimiento, estos pueden ser elementos relativamente pequeños pero rígidos, ubicados por encima del nivel de la superficie de la cocina y próximos al área de operación del usuario. Por lo tanto, las áreas que rodean la superficie de la cocina deben ser planas de modo que las ollas que sean movidas desde la cocina no golpeen a los componentes que resaltan y no derramen sobre las manos o personas próximas a la cocina, el contenido que está en proceso de cocción.

➤ **Temperatura de la superficie de la cocina:**

Los niños y las mujeres tienen la mayor probabilidad de entrar en contacto con la superficie caliente de la cocina. Por lo tanto, no deben ocurrir quemaduras si se toca la superficie de la cocina durante su funcionamiento.

➤ **Transmisión de calor a los alrededores:**

La transmisión de calor dirigida hacia los alrededores, puede encender combustibles o materiales cercanos al área de la cocina. Por lo tanto, las cocinas no deben originar temperaturas elevadas en superficies circundantes en el ambiente.

➤ **Temperatura de los elementos de operación de la cocina:**

Los componentes donde puedan alcanzarse temperaturas excesivas y que necesitan ser manipulados durante su uso habitual incluyen las puertas para las cámaras, manijas y asas de la cocina. Por lo tanto, las partes de una cocina que necesiten ser tocadas durante la operación habitual de cocinado no deben alcanzar un nivel de temperatura donde su uso pueda causar daño directa o indirectamente.

➤ **Aislamiento térmico de la chimenea:**

Las chimeneas pueden llegar a ser extremadamente calientes durante su uso y causar fácilmente quemaduras, las temperaturas presentes en una chimenea son causadas por la producción de humos calientes que deja la cocina, siendo estas las más altas que en cualquier otro lado de la cocina. Por lo tanto las chimeneas deben contar con un aislamiento térmico o blindaje que proteja a las personas de quemaduras por contacto directo, de por lo menos 50cm de alto desde la base de la chimenea.

➤ **Llamas circundantes a las ollas:**

Las llamas no deben circundar ningún elemento de soporte o manipulación de la olla que puedan entrar en contacto con la piel o ropa.

➤ **Llamas y/o combustibles que salen de la cámara de combustión:**

En ningún caso las llamas y/o combustibles deben salir fuera de la cámara de combustión durante su uso habitual.

4.4 Recomendaciones para la instalación de cocinas mejoradas.

- No se deben utilizar materiales peligrosos para la salud (asbesto, fibra de vidrio y similares), en la construcción de cocinas o de cualquiera de sus partes.
- Considerar una distancia mínima libre para la circulación y operación, de 0.80m, medida desde el frente de la cocina a la pared más próxima con el fin de no obstaculizar la circulación de personas.
- No instalar la cocina mejorada en el lugar donde duerme la familia.
- Solo se debe instalar una cocina mejorada en el exterior de la vivienda cuando este protegida por un techo o cobertura.
- Procurar el aislamiento del tubo de la chimenea a fin de evitar quemaduras por contacto y para el caso de chimeneas que atraviesen techos construidos con material inflamable, recubrir adicionalmente el área de contacto (con material cerámico, barro, etc...).
- No instalar la cocina en las cercanías de almacenamiento de combustibles líquidos altamente inflamables o almacenamientos grandes de madera.
- Por motivos de sismo resistencia, no levantar la chimenea más de 1.5m (midiendo desde el suelo) utilizando materiales pesados como por ejemplo, adobe, ladrillo o bloques de concreto; pasando esta altura se deben utilizar tubos livianos de plancha metálica.

4.5 Modelos:

4.5.1 Onil:

Fue diseñada tomando en cuenta las necesidades de las mujeres para cocinar los alimentos en los hogares rurales, con el propósito de reducir las emisiones de gases y partículas en el ambiente doméstico, y reducir el consumo de leña comparado con un fogón tradicional.

4.5.2 Estufa Multiuso o Tradicional (mini eco fogón):

Posee una plancha de 22"X22", es apta para pequeños negocios como tortillerías, también para uso doméstico en familias mayores de 10 personas que usan peroles de fondo plano.

4.5.3 Eco-barril:

Cocina apta para pequeños negocios: Es una cocina de contacto directo y es ideal para nacatamales, baho, sopas.

Sus dimensiones son de 71 cms de altura con un diámetro interno de 31 cms.

4.6 Protocolo Water Boiling Test 4.2.3:

Prueba de hervido de agua.

Este test está diseñado para calcular el rendimiento energético de la cocina en términos de transferencia de calor y eficiencia de la combustión.

Permite determinar la eficiencia del proceso mediante el cual una cocina emplea la energía contenida en el combustible en calentar el agua en una olla

4.7 Enfermedades causadas por el uso de combustibles sólidos ineficientes:

Anualmente, 4,3 millones de personas mueren prematuramente por enfermedades atribuibles a la contaminación del aire intradomiciliar causada por el uso de combustibles sólidos ineficientes (OMS, 2014). Entre esas defunciones:

- 13% se deben a neumonía
- 34% a accidente cerebrovascular

- 25% a cardiopatía isquémica
- 22% a neumopatía obstructiva crónica, y
- 6% cáncer de pulmón.

4.7.1 Neumonía:

Inflamación de los pulmones causada por la infección de un virus o una bacteria que se caracteriza por la presencia de fiebre alta, escalofríos, dolor intenso en el costado afectado el tórax, tos y expectoración.

La exposición a la contaminación del aire de interiores casi duplica el riesgo de neumonía en la niñez. Más de la mitad de las defunciones de niños menores de cinco años causadas por infección aguda de las vías respiratorias inferiores se deben a la inhalación de partículas del aire de interiores contaminado con combustibles sólidos (OMS, 2014).

4.7.2 Accidente cerebrovascular:

Un accidente cerebrovascular sucede cuando el flujo de sangre a una parte del cerebro se detiene, si este se detiene por más de pocos segundos el cerebro no puede recibir nutrientes ni oxígeno. Las células cerebrales pueden morir, lo que causa daño permanente.

Casi una cuarta parte de todas las defunciones prematuras debidas a accidente cerebrovascular (aproximadamente 1,4 millones de defunciones, la mitad de las cuales corresponden a mujeres) se pueden atribuir a la exposición crónica a la contaminación del aire de interiores provocada al cocinar con combustibles sólidos (OMS, 2014).

4.7.3 Cardiopatía isquémica:

Es la enfermedad ocasionada por la arteriosclerosis de las arterias coronarias, esta enfermedad impide que el corazón reciba la sangre necesaria para su funcionamiento.

Aproximadamente un 15% de todas las defunciones por cardiopatía isquémica, que representan más de un millón de defunciones prematuras cada año, se pueden atribuir a la exposición al aire de interiores contaminado (OMS, 2014).

4.7.4 Neumopatía obstructiva crónica:

Es una enfermedad progresiva que causa dificultad para respirar, al ser progresiva indica que esta enfermedad empeora con el tiempo.

Más de una tercera parte de las defunciones prematuras debidas a neumopatía obstructiva crónica (EPOC) entre adultos de países de ingresos bajos y medianos se deben a la exposición al aire contaminado de interiores. Las mujeres expuestas a altos niveles de humo en interiores tienen 2,3 veces más probabilidades de padecer EPOC que las que utilizan combustibles más limpios. Entre los hombres (que ya corren un alto riesgo de EPOC debido a las altas tasas de consumo de tabaco), la exposición al humo de interiores casi duplica (multiplica por 1,9) ese riesgo (OMS, 2014).

4.7.5 Cáncer de pulmón:

Es un conjunto de enfermedades resultantes del crecimiento maligno de células de tracto respiratorio en particular del tejido pulmonar y uno de los tipos de cáncer más frecuentes a nivel mundial.

Aproximadamente el 17% de las defunciones prematuras causadas cada año por el cáncer de pulmón en adultos son atribuibles a la exposición a los carcinógenos del aire de interiores contaminado por el uso de combustibles sólidos tales como madera y carbón vegetal o mineral para cocinar. Las mujeres corren mayor riesgo a raíz de su papel en la preparación de alimentos (OMS, 2014).

4.7.6 Otras consecuencias sanitarias:

En general, las pequeñas partículas y otros contaminantes del humo de interiores inflaman las vías respiratorias y los pulmones, dificultan la respuesta inmunitaria y reducen la capacidad de oxigenación de la sangre.

Además, se ha demostrado la relación entre la contaminación del aire de interiores y el bajo peso ponderal, la tuberculosis, las cataratas y los cánceres nasofaríngeos y laríngeos.

V.
ANALISIS Y
PRESENTACION DE
RESULTADOS.

5.1 DISEÑO METODOLOGICO.

En este estudio se usara el protocolo internacional de evaluación de cocinas mejoradas. Estos protocolos fueron presentados inicialmente por voluntarios de VITA (Volunteers in Technical Assistance) y actualizados por ETHOS (Engineers in Technical and Humanitarian Opportunities of Service) y PCIA (Partnership for a clean Indoor Air Network), y se pueden encontrar descritos detalladamente, junto con las plantillas de cálculo en formato Excel, en la página web de aprovechamiento Research Center: <http://www.aprovecho.org/lab/pubs/testing>.

También se hará uso de la norma técnica boliviana EDT 83001 “cocinas mejoradas- condiciones técnicas mínimas de instalación, funcionamiento y rendimiento”.

Water Boiling Test (WBT).

La prueba de Ebullición de Agua o WBT (WATER BOILING TEST) es una simulación simple del proceso de hervor de agua con la finalidad de medir cuan eficiente es una estufa en utilizar combustible para calentar el agua en una olla y la cantidad de emisiones producidas durante el proceso.

PRUEBA DE EBULLICION DE AGUA PANORAMA GENERAL.

El WBT consta de tres fases que siguen inmediatamente una a la otra. Estos se discuten a continuación y se muestra gráficamente en la Figura 1. Todo el WBT debe llevarse a cabo al menos tres veces para cada estufa, que constituye un conjunto de pruebas WBT. La hoja de cálculo de pruebas para WBT 4.2.3 puede albergar resultados de hasta 10 pruebas.

1. Para la fase de alta potencia de inicio frío, el evaluador comienza con la estufa a temperatura ambiente y se utiliza combustible previamente pesado para hervir una cantidad medida de agua en una olla estándar. El evaluador luego reemplaza el agua hervida con una nueva olla de agua a temperatura ambiente para realizar la segunda fase.
2. La fase de alta potencia de inicio caliente se lleva a cabo después de la primera fase, mientras la estufa está caliente. Una vez más, el evaluador utiliza combustible previamente pesado para hervir una cantidad medida de agua en una olla normal. Al repetir la prueba con una estufa caliente

ayuda a identificar las diferencias en el rendimiento entre una estufa cuando esta fría y cuando está caliente. Esto es particularmente importante para las estufas con elevada masa térmica, ya que las mismas pueden mantenerse calientes durante la práctica.

3. La fase de hervir a fuego lento proporciona la cantidad de combustible requerido para calentar 5 litros de agua por debajo del punto de ebullición durante 45 minutos. Este paso simula el tiempo de cocción de las legumbres o leguminosas comunes en gran parte del mundo.

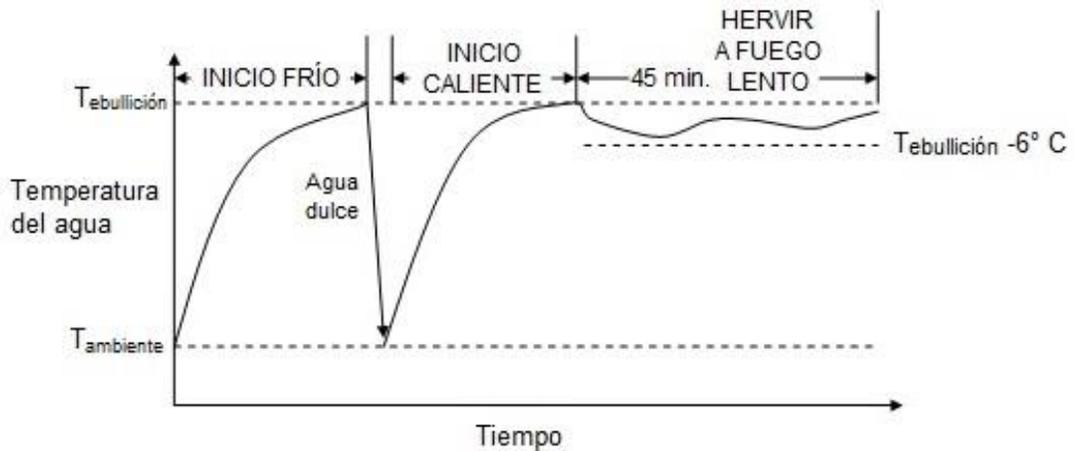


Fig.1 Temperatura durante las tres fases de la prueba de ebullición. Fuente: Nordica MacCarty

Una prueba de estufa completa debe incluir siempre las tres fases de la prueba. Una prueba rápida para el uso interno de un laboratorio puede incluir sólo el arranque en frío y cocinar a fuego lento si la estufa tiene poca masa (sin cerámica) y pruebas de ebullición anteriores han demostrado que las fases de arranque en frío y de arranque en caliente producen los mismos resultados.

5.2 BENEFICIOS Y LIMITANTES DEL WATER BOILING TEST

La prueba de Ebullición de agua se puede realizar en distintas partes del mundo utilizando equipo sencillo. Si se desea medir emisiones.

Los principales beneficios son los siguientes:

- Proveer asesoría inicial o de laboratorio del desempeño de una estufa en un ambiente controlado.

- Comparar la efectividad de cada modelo al desarrollar tareas similares de cocción.

- Evaluar cambios en las estufas durante su desarrollo.

- Seleccionar los productos más prometedores en cuanto a evaluaciones en campo.

- Asegurar que las estufas fabricadas cumplan con el desempeño basado en el diseño.

Todas las pruebas estandarizadas implican compensaciones. Cuando las condiciones son altamente controladas y la variabilidad se reduce, una prueba es más capaz de detectar cambios pequeños. Sin embargo, una prueba más controlada es a menudo menos representativa del proceso de cocción real. Las pruebas controladas son adecuadas para comparar los diversos aspectos técnicos del diseño de la estufa y las evaluaciones de desempeño previas en campo.

Las pruebas basadas en laboratorio permiten diferenciar las estufas, mientras que las pruebas basadas en campo dan un mejor indicador del rendimiento durante el uso real.

La prueba de ebullición de agua fue desarrollada para evaluar la actuación de la estufa en una forma controlada, y por lo tanto es probable que no se parezca a las costumbres de cocción locales como otras pruebas descritas. Aunque el WBT

es una herramienta útil por las razones expuestas anteriormente, es importante tener en cuenta sus limitaciones. Es una aproximación del proceso de cocción y se lleva a cabo en condiciones controladas por técnicos capacitados. Los resultados de las pruebas de laboratorio pueden diferir de los resultados obtenidos al cocinar los alimentos reales con los combustibles locales, incluso si la eficiencia y las emisiones se midieron exactamente de la misma manera para ambas pruebas. Para confirmar los efectos deseados (si se trata de la conservación de combustible, reducción de humo, u otros impactos), las estufas deben ser evaluadas en condiciones reales de uso.

Para entender cómo funcionan las estufas con alimentos locales, prácticas de cocina y combustibles, los evaluadores de estufas pueden utilizar la Prueba de Cocción Controlada (CCT) que se ha desarrollado en paralelo con el WBT. El CCT es todavía una prueba de laboratorio, pero se lleva a cabo mediante la preparación de una versión normalizada de la comida local. La prueba de cocción No Controlada (UCT), se lleva a cabo en el campo durante la cual los cocineros eligen cualquier tipo de alimento que deseen cocinar, operan la estufa de manera que sientan más apropiada y usando ollas aptas para las tareas de cocción. Una prueba de rendimiento de la Cocina (KPT), que compara el consumo de combustible en los hogares utilizando la estufa mejorada en los hogares con una estufa tradicional, debe llevarse a cabo para evaluar los cambios en el consumo de combustible entre la estufa y los usuarios. Esta prueba de campo consta de dos estudios cualitativos: la primera ayuda a los ejecutores (proyectistas, fabricantes, distribuidores o inversionistas) a evaluar el comportamiento de los hogares para cocinar y las prácticas antes de la introducción de una nueva estufa y el otro proporciona datos de seguimiento de 3-6 meses después de que la estufa se ha introducido en un hogar. El KPT también incluye un procedimiento para comparar el consumo de combustible en los hogares que utilizan diferentes tipos de estufas. Las pruebas de campo son también importantes para la demostración de los resultados para los créditos de carbono y la estimación de las contribuciones de emisiones de gases de efecto invernadero o contaminación del ambiental.

Las pruebas de campo son fundamentales para justificar las afirmaciones sobre los impactos reales sobre el consumo de combustible, emisiones de gases de efecto invernadero o la contaminación del medio ambiente circundante resultante de las emisiones de las estufas. **Este documento describe solamente la prueba de ebullición del agua.** Las instrucciones para las otras pruebas de laboratorio basadas en el ensayo Cocción Controlada, Prueba de Cocción No controlada y Prueba de Rendimiento de Cocina están en documentos separados, con las actualizaciones disponibles en www.cleancookstoves.org.

Esta prueba se diseñó originalmente para estufas que queman leña, pero se ha adaptado para dar cabida a otros tipos de estufas y combustibles. Véase el Apéndice 2 sobre el uso de combustibles no leñosas.

Los laboratoristas que estén interesados en la evaluación de otras variables que pueden influir en el rendimiento de una estufa pueden consultar los comentarios publicados en:

www.cleancookstoves.org.

VI. PROTOCOLO DEL WATER BOILING TEST 4.2.3

Para llevar a cabo una buena realización de los pasos de este protocolo deben tomarse en cuenta los siguientes aspectos.

6.1 PREPARACION DEL LABORATORIO.

Esta consiste en la correcta configuración del espacio de trabajo delimitando cada uno de ellos tanto como de las cocinas a evaluar como el de los instrumentos de medición, permitiendo también un área de movilidad fluida donde se pueda manipular correctamente cada paso de este protocolo todo esto en un ambiente controlado de simulación.

6.2 OBTENER EL EQUIPO NECESARIO.

La siguiente lista de equipos son requerimiento necesario a excepción del equipo de emisiones por ser una prueba opcional que se debe de realizar solo si se cuenta con el equipo adecuado.

- Balanza con una capacidad de al menos 6 kg y precisión de ± 1 gramo
- Material resistente al calor para proteger la balanza
- Termómetro digital con una precisión de 0,5 °C, con sonda de termopar adecuado para la inmersión en líquidos
- Medidor de la humedad de la madera o bien horno para el secado de la madera y balanza para pesar.
- Cronómetro

- Cinta métrica para la medición de la madera y la estufa (cm)
- Ollas estándar: ollas que se utilizan en su región y tienen un volumen de aproximadamente 7 litros (para las pruebas de 5-L) o 3.5 litros (para las pruebas de 2.5-L). Para cada tamaño, se debe elegir una forma estándar (altura y circunferencia) que se utilice en el área a evaluar.
- Regla de madera o metal para fijar el termómetro en agua.
- Espátula para quitar el carbón de la estufa.
- Tenazas para el manejo de carbón.
- Cacerola para la transferencia de carbón.
- Bandeja de metal para sostener el carbón para su pesaje.
- Guantes resistentes al calor.
- (Opcional) Equipo para medir emisiones intradomiciliarias.

6.3 CALIBRACION DE LOS EQUIPOS.

El equipo, incluyendo el termómetro de grabado de tiempo real, las balanzas y el equipo de emisiones, debe ser calibrado periódicamente para garantizar la normalización de los resultados. Los termómetros de grabado de tiempo real pueden ser calibrados usando puntos fijos termométricos (es decir, un baño de hielo y agua hirviendo). Los sistemas de muestreo de filtro deben ser revisados bajo presión negativa. Sensores de presión barométrica pueden calibrarse usando un calibrador de presión automático. Los sensores de humedad relativa pueden ser calibrados con soluciones salinas acuosas. Las balanzas y cronómetros se pueden calibrar comprobando la exactitud de masas de prueba y con un reloj de referencia, respectivamente. Para el equipo de las emisiones, la calibración se puede hacer con comprobación del cero y el uso de gases comprimidos. Todos los componentes principales deben ser evaluados para asegurar su funcionalidad y reparar en caso necesario. El mantenimiento de equipos de laboratorio debe realizarse según las recomendaciones del fabricante y según sea necesario.

6.4 Limpieza de los dispositivos de medición.

Los dispositivos de medición de partículas se deben limpiar cada 24 horas de uso con alcohol isopropílico. Evitándose así variaciones importantes entre mediciones sucesivas de PM2.5.

Instalación de los medidores de emisiones (PM2.5 y CO).

Instalar los medidores de emisiones (PM2.5 y CO), Según el protocolo para la medición de emisiones desarrollado por "Indoor Air Pollution meter" de la Universidad de Berkeley California en 2005 los dispositivos de medición deben de estar a unas distancias estandarizadas. Las distancias especificadas serán las siguientes:

- Distancia horizontal de separación de 100 cm del borde de la zona de combustión.
- Altura de 145 cm sobre el suelo

- Una distancia de al menos 150 cm de ventanas o puertas que puedan ser abiertas, siempre y cuando esto sea posible. Estas distancias simulan la posición en la que suele estar la entrada a las vías respiratorias de los usuarios habituales de la cocina.

VII. Prueba.

Esta prueba consta de 4 fases.

7.1 Fase preliminar:

- Registrar el porcentaje de humedad del combustible, utilizando un medidor de humedad adecuado para madera. El combustible debe ser acondicionado de modo que se garantice una humedad constante bajo las condiciones ambiente de las pruebas. Para este efecto es recomendable apilar de manera uniforme el combustible a fin de que exista una adecuada ventilación natural entre las piezas del mismo.

- Determinar las dimensiones promedio de las piezas del combustible a utilizar. En lo posible se debe usar combustible en piezas similares en área transversal y largo para reducir variaciones de las condiciones de la prueba.

- Registrar la temperatura del ambiente al inicio de la prueba.

- Así mismo, antes de la realización de la prueba se requiere determinar el punto de ebullición local del agua, de la siguiente manera:

Hervir agua en una olla (5L); cuando se produzca la ebullición y esta se mantenga por unos 5 min, medir la temperatura del agua con el termómetro digital colocado a 5 cm del fondo de la olla. Se registrara la temperatura mínima y máxima, durante los 5 min señalados. La temperatura de ebullición corresponderá al promedio de las temperaturas mínima y máxima registradas.

- Se usan tantas ollas como hornallas (quemadores) que tenga la cocina.

7.2 PODER CALORIFICO ALTO, POTENCIA ALTA (INICIO EN FRIO)

Para la realización de esta fase la cocina debe estar fría, es decir, que no se haya usado recientemente, para que su temperatura sea lo más cercana a la temperatura ambiente posible.

- Pesar la olla vacía. Si se usa más de una olla, registrar el peso de cada una de ellas.
- Pesar el contenedor vacío (destinado para pesar el combustible y el carbón).
- Pesar el primer lote de combustible en el contenedor previamente pesado (obteniendo el peso total del combustible más el contenedor).
- Llenar las ollas con 5L de agua limpia a temperatura del ambiente.
- Registrar la temperatura inicial del agua en cada olla con el termómetro digital sumergible.
- Colocar un termómetro digital sumergible, en cada olla, sujetándolo con piezas de madera u otros, de forma tal, que sea posible medir la temperatura del agua en el centro de la olla, a 5cm del fondo de la misma.
- Pesar el material de ignición que será utilizado para encender el fuego, no más de 30g (astillas humedecidas en kerosene).
- Una vez que el juego se ha iniciado, registrar la hora de inicio.
- Durante la prueba se debe conservar la llama del fuego estable manteniendo en lo posible una cantidad uniforme de combustible dentro de la cámara de combustión.
- Cuando el agua en la primera olla alcanza la temperatura de ebullición local, inmediatamente registrar la hora de culminación de la prueba y la temperatura del agua en cada una de las ollas utilizadas.
- Inmediatamente pesar cada olla con el agua.
- Rápidamente retirar todo el combustible de la cocina, extinguiendo las llamas del combustible (no usar agua para extinguir las llamas). Sacudir dentro de la cámara de combustión todo el carbón suelto de los extremos del combustible que aún no se haya consumido. el combustible retirado de

la cocina juntamente con el combustible restante del primer lote previamente pesado.

- Retirar todo el carbón y la ceniza sobrantes dentro de la cámara de combustión. Colocar el carbón residual en el contenedor, pesar y registrar este dato.
- Desechar la ceniza sobrante.

Nota

Se debe procurar que el tiempo utilizado en realizar el procedimiento desde el hervor de la primera olla en la 1ª fase y el encendido de la cocina en la 2ª fase, no supere los 5 min.

Estos 5min contemplan el pesado y llenado de las ollas, así como el del combustible y material de ignición para iniciar la 2ª fase.

7.3 SEGUNDA FASE; POTENCI ALTA (INICIO EN CALIENTE).

- La segunda fase de la prueba se inicia inmediatamente después de la primera fase con la cocina aún caliente.
- Tomar el peso de olla vacía. Si se usa más de una olla, registrar el peso de cada una de ellas.
- Llenar las ollas (5L) con agua fría.
- Utilizar el segundo lote de combustible y material de ignición previamente pesado y designado para esta prueba.
- Encender nuevamente el fuego.
- Registrar la hora de inicio.
- Similarmente a lo efectuado en la primera fase, se debe mantener la llama del fuego estable manteniendo en lo posible una cantidad uniforme de combustible dentro de la cámara de combustión.
- Cuando el agua en la primera olla alcanza la temperatura de ebullición local, inmediatamente registrar la hora de culminación de la prueba y la temperatura del agua en cada una de las ollas utilizadas.
- Pesar cada una de las ollas con el agua.

- Inmediatamente coloque cada una de las ollas en la cocina (debiendo mantener la temperatura del agua hervida lo más estable como sea posible para permitir proceder directamente con la siguiente prueba a fuego lento).
- Quitar el combustible de la cocina sacudiendo el carbón dentro de la cámara de combustión y pesar juntamente con el combustible restante del segundo lote. Volver a colocar en la cámara de combustión el combustible previamente retirado y proceder inmediatamente con la prueba de poder calorífico bajo.

Nota:

Se debe procurar que el tiempo utilizado en realizar el procedimiento desde el hervor de la primera olla en la 2^{da} fase y el encendido de la cocina en la 3^a no supere los 5min.

Estos 5min contemplan el pesado de la olla así como el pesado del combustible.

7.4 TERCERA FASE: POTENCIA BAJA (HERVOR A FUEGO LENTO).

Esta fase de la prueba está diseñada para probar la capacidad de la cocina para hervir agua utilizando una cantidad mínima de combustible.

- Empezar con los datos finales de la prueba de inicio caliente de poder calorífico alto, para entonces continuar reduciendo la llama e “ hirviendo” el agua durante 45min adicionales.
- Reducir la llama hasta mantener a una temperatura de 3 °C inferior a la temperatura de ebullición, durante 45min. La prueba se invalidara si la temperatura del agua de la olla varía más de 3°C de la temperatura de ebullición.
- Una vez concluidos los 45min. Se debe pesar cada olla con el agua.
- Rápidamente retirar todo el combustible de la cocina, extinguiendo las llamas (no usar agua para extinguir las llamas). Sacudir dentro de la cámara de combustión todo el carbón suelto de los extremos del combustible que aún no se hayan consumido.
- Pesar inmediatamente el combustible retirado de la cocina juntamente con el combustible restante del segundo lote previamente pesado.

- Retirar todo el carbón y las cenizas sobrantes dentro de la cámara de combustión. Colocar el carbón residual en el contenedor, pesar y registrar este dato.
- Desechar las cenizas sobrantes.

La prueba de hervor de agua debe realizarse 3 veces por cada tipo de cocina, la cual debe estar fría antes de iniciar la secuencia de pruebas.

VIII. CONDICIONES DE SALUD.

8.1 DETERMINACION DE LA CONCENTRACION DE MONOXIDO DE CARBONO.

El objetivo de estas mediciones es establecer el procedimiento a seguir para determinar la concentración de monóxido de carbono (CO), generado por una cocina mejorada en funcionamiento, al interior de un recinto de prueba.

INSTRUMENTAL.

- Equipo de medición de monóxido de carbono CO.
- Termómetro digital de +- 0,1 °C de precisión.
- Cronometro.
- Balanza electrónica digital de 1g de precisión y de 30kg de capacidad.
- Medidor de humedad de 6 – 40 % con +- 1 % de error.

ACCESORIOS.

- Ollas estándar con tapas (de capacidad mayor a 5L).
- Cinta métrica.

- Recipiente para el combustible.
- Material de seguridad (guantes, lentes de protección, máscaras y guardapolvos).

MATERIALES.

- Un lote de combustible seco de 5kg de peso.
- 5L de agua por cada olla.
- Material de ignición (30g)
- Fósforos.

ASPECTOS PRELIMINARES.

- En pruebas preliminares se determinara la cantidad de combustible necesaria para hervir 5L de agua y mantenerla en ebullición en un tiempo total de 60 min, que es el tiempo de duración de la prueba.
- Así mismo, se determinara previamente las dimensiones promedio de las piezas de combustible a utilizar. En lo posible se debe usar combustible en piezas similares para reducir variaciones de las condiciones de la prueba.
- Verificar la funcionabilidad correcta de los equipos de medición para su correcto funcionamiento para la realización de la prueba.
- Prever que los materiales estén listos, las ollas pesadas con el agua necesaria en la cocina y el material de ignición colocado en la cámara de combustión para el momento del encendido. Así mismo, el lote de combustible necesario para la prueba debe estar pesado y ubicado en el ambiente de testeo
- La realización de la prueba estará a cargo de personal capacitado.
- Se deben realizar tres (3) pruebas, una por día, asegurándose que la cocina se encuentre fría antes del inicio de la prueba.
- En función del tipo de equipo de medición a utilizar, se deberá medir la concentración de fondo del monóxido de carbono en el aire ambiente antes de iniciar la prueba por un lapso mínimo de 20 min.

PROCEDIMIENTO.

- La prueba se realizara una vez por día, en 3 días consecutivos.
- Colocar el equipo de medición de monóxido de carbono a la altura de la puerta de la cámara de combustión de la cocina y a 1,30m del nivel del piso (la ubicación del equipo de medición de contaminación, se ha determinado teniendo en cuenta el espacio útil y la altura promedio de los usuarios de la cocina). En el caso de que se use un sistema de muestreo con cámara de mezcla exterior, el punto de muestreo del aire interior debe estar a una altura de 1,30m.
- Iniciar el proceso de medición de monóxido de carbono según lo indicado en el manual de operación del equipo. En el caso de utilizar cámara de mezcla encender el sistema de muestreo junto con el equipo de medición.
- La prueba se inicia con el encendido de la cocina, manteniendo el equipo de medición activado durante todo el tiempo requerido, el cual tendrá una duración de 60min.
- Mantener la llama del fuego lo más constante posible, de modo que el calor entregado a la olla se mantenga estable, considerar que una vez que el agua inicie su hervor, se debe mantener este hasta la finalización de la prueba.
- Una vez concluido el tiempo de prueba apagar la cocina y paralelamente el equipo de medición de monóxido de carbono, registrando la hora exacta de conclusión de la prueba.

PROCESAMIENTO DE DATOS

En base a los datos obtenidos en cada prueba, se pueden calcular algunos de los siguientes valores dependiendo de la frecuencia de medición del equipo usado:

- Media aritmética de la concentración de PM-2,5 para 60 min
- Media geométrica de la concentración de PM-2,5 para 60 min
- Concentración de PM-2,5 en 60 min

- Mayor concentración de PM-2,5 en 15 min
- Menor concentración de PM-2,5 en 15 min

Se calcula el promedio aritmético final (x) utilizando el valor obtenido, correspondiente cada una de las tres (3) pruebas. Del mismo modo se calculará la desviación estándar (s) de las tres pruebas y el coeficiente de variación (CoV) de las tres pruebas. Si el coeficiente de variación resulta mayor a 25% se debe incrementar el número de pruebas para disminuirlo. En el caso de equipos de medición por gravimetría el valor obtenido se considera como la concentración promedio de PM-2,5 en 60 minutos.

Se tomará como resultado de la prueba la comparación entre el valor obtenido frente a un estándar establecido. Este resultado será la disminución relativa de la concentración de PM-2,5 obtenida para una cocina mejorada frente a la concentración de PM-2,5 obtenida para una cocina tradicional **(el estándar establecido es el valor obtenido para el fogón tradicional)**.

Reducción relativa de CO= Concentración base – Concentración de la prueba.

Concentración base * 100

De acuerdo al resultado anterior se evaluará si la cocina cumple o no la conformidad asignada, en base a la siguiente tabla:

Tabla No. 1 Reducción relativa de CO.

Reducción relativa de CO, en %	Reducción relativa referencial de CO, en %	Evaluación de conformidad
(Valor obtenido en la prueba)	≥ 85	SI / NO

8.2 DETERMINACION DE LA CONCENTRACION DE MATERIAL PARTICULADO.

NOTA:

Esta prueba se ha planteado sobre la base del trabajo establecido en partes.

OBJETO

Establecer el procedimiento a seguir para determinar la concentración de material particulado (PM), generado por una cocina mejorada, en funcionamiento al interior de un laboratorio.

INSTRUMENTAL

- Equipo de medición de material particulado PM-2,5
- Termómetro digital de $\pm 0,1$ °C de precisión
- Cronómetro
- Balanza electrónica digital de 1 g de precisión y 30 kg de capacidad
- Medidor de humedad de 6 – 40 % y ± 1 % de error

ACCESORIOS

- Ollas estándar con tapas (de capacidad mayor a 5 L)
- Cinta métrica.
- Recipiente para el combustible
- Material de seguridad (guantes, lentes de protección, máscaras y guardapolvos)

MATERIALES

- Un lote de combustible seco de 5 kg de peso
- 5 L de agua por cada olla
- Material de ignición (30 g)
- Fósforos.

ASPECTOS PRELIMINARES

En pruebas preliminares se determinará la cantidad de combustible necesaria para hervir 5 L de agua y mantenerla en ebullición en un tiempo total de 60 min, que es el tiempo de duración de la prueba.

Asimismo, se determina previamente las dimensiones promedio de las piezas de combustible a utilizar. En lo posible se debe usar combustible en piezas similares en área transversal y largo de los leños para reducir variaciones de las condiciones de la prueba.

Verificar el funcionamiento correcto del equipo para la realización de la prueba.

Prever que los materiales estén listos, las ollas pesadas con el agua necesaria en la cocina y el material de ignición colocado en la cámara de combustión para el momento del encendido. Asimismo, el lote de combustible necesario para la prueba debe estar pesado y ubicado en el ambiente de testeo.

La realización de la prueba estará a cargo de personal capacitado.

Se deben realizar tres (3) pruebas, una por día, asegurándose que la cocina se encuentre fría antes del inicio de la prueba.

En función del tipo de equipo de medición a utilizar, en el caso de óptico se deberá medir la concentración de fondo material particulado PM-2,5 en el aire ambiente antes de iniciar la prueba por un lapso mínimo de 20 minutos. En el caso de equipos gravimétricos, medir dicha concentración por un lapso de 24 hrs.

PROCEDIMIENTO

La prueba se realizará una vez por día, en 3 días consecutivos.

Colocar el equipo de medición de material particulado a la altura de la puerta de la cámara de combustión de la cocina a 1,30 m del nivel del piso (la ubicación del equipo de medición de contaminación, se ha determinado teniendo en cuenta el

espacio real útil y la estatura promedio de los usuarios de la cocina). En el caso de que se use un sistema de muestreo con cámara de mezcla exterior, el punto de muestreo del aire interior debe estar a una altura de 1,30 m.

Iniciar el proceso de medición de material particulado según lo indicado en el manual de operación del equipo.

La prueba se inicia con el encendido de la cocina, manteniendo el equipo de medición activado durante todo el tiempo requerido, el cual tendrá una duración de 60min.

Mantener la llama del fuego lo más constante posible, de modo que el calor entregado a la olla se mantenga estable, considerar que una vez que el agua inicie su hervor, se debe mantener éste hasta la finalización de la prueba.

Una vez concluido el tiempo de prueba apagar la cocina y paralelamente el equipo de medición de material particulado, registrando la hora exacta de conclusión de la prueba.

PROCESAMIENTO DE DATOS

En base a los datos obtenidos en cada prueba, se pueden calcular algunos de los siguientes valores dependiendo de la frecuencia de medición del equipo usado:

- Media aritmética de la concentración de PM-2,5 para 60 min
- Media geométrica de la concentración de PM-2,5 para 60 min
- Concentración de PM-2,5 en 60 min
- Mayor concentración de PM-2,5 en 15 min
- Menor concentración de PM-2,5 en 15 min

Se calculará el promedio aritmético final (\bar{x}) utilizando el valor obtenido, correspondiente cada una de las tres (3) pruebas. Del mismo modo se calculará la desviación estándar (s) de las tres pruebas y el coeficiente de variación (CoV) de las tres pruebas. Si el coeficiente de variación resulta mayor a 25% se debe incrementar el número de pruebas para disminuir el mismo. En el

caso de equipos de medición por gravimetría el valor obtenido se considera como la concentración promedio de PM-2,5 en 60 minutos.

Se tomará como resultado de la prueba la comparación entre el valor obtenido frente a un estándar establecido (el estándar establecido es el valor obtenido con el fogón tradicional). Este resultado será la disminución relativa de la concentración de PM-2,5 obtenida para una cocina mejorada frente a la concentración de PM-2,5 obtenida para una cocina tradicional (estándar establecido).

De acuerdo al resultado anterior se evaluará si la cocina cumple o no la conformidad asignada, en base a la siguiente tabla:

Tabla No.2 Reducción relativa de PM-2,5.

Reducción relativa de PM-2,5, en %	Reducción relativa referencial de PM-2,5, en %	Evaluación de conformidad
(Valor obtenido)	≥ 85	SI / NO

IX. PRUEBA DE SEGURIDAD.

En esta norma se establecen las condiciones mínimas de seguridad que debe cumplir una cocina que utilice biomasa como combustible, para la cocción de alimentos y otros usos. Esta consiste en determinar el grado total de seguridad como la suma de los puntajes parciales obtenidos en las pruebas de seguridad según las tablas. El puntaje que se le asigne a la cocina en evaluación por el grado total de seguridad estará de acuerdo a las siguientes tablas:

Tabla No.3 Factores de peso asignado a cada prueba de seguridad.

Prueba	Valor obtenido	Factor	Total
10.1		x 1,5	
10.2		x 3	
10.3		x 2,5	
10.4		x 2	
10.5		x 2	
10.6		x 2,5	
10.7		x 2	
10.8		x 2,5	
10.9		x 3	
10.10		x 4	
Suma total			

Tabla No.4 Rango global.

Rango global	Total de puntos marcados
Mejor	$93 \leq S \leq 100$
Bueno	$84 \leq S \leq 92$
Regular	$76 \leq S \leq 83$
Malo	$25 \leq S \leq 75$

Con la sumatoria de todos los valores obtenidos en las diferentes pruebas de seguridad se obtendrá la evaluación de conformidad de acuerdo al cumplimiento de lo indicado en la siguiente tabla.

Tabla No.5 Nivel de seguridad.

Nivel de seguridad obtenido en la prueba	Valor mínimo de aceptabilidad	Evaluación de conformidad
(Valor total obtenido S)	$S \geq 84/100$	SI / NO

Las pruebas de seguridad pueden ser desarrolladas en una sola sesión de protocolo.

X. CONDICIONES DE SEGURIDAD.

10.1 BORDES Y ZONAS AGUDAS.

OBJETO

Determinar el nivel de riesgo que representan los bordes y zonas agudas de una cocina a la posibilidad de engancharse, rasgadura de ropa o de la piel.

MATERIALES

Un trozo de paño, o trapo.

PROCEDIMIENTO

Para la realización de la presente prueba, la cocina deberá estar apagada.

Pasar el paño por todos los bordes y zonas agudas, tratando de localizar las zonas en las que éste pueda engancharse o rasgarse y/o ocasionar que la cocina volqué, o rasguñar la piel de los usuarios en un total de 10.

Las cocinas de piedra o arcilla pueden ofrecer resistencia al paso del paño, pero ello no significa que el resultado de la prueba sea insatisfactorio, a menos que la cocina se mueva o el paño se enganche totalmente.

RESULTADOS DE LA PRUEBA

Se registrará el número de veces que el paño se enganche al pasarlo por todos los bordes y zonas agudas de la cocina.

Al número total de enganches del paño se asignará un valor dado en la siguiente tabla.

Tabla No.6 No. De enganches del paño.

N° de enganches del paño (n)	Valor asignado
$n = 0$	4
$n \leq 2$	3
$n = 3$	2
$n \geq 4$	1

10.2 INCLINACION DE LA COCINA.

OBJETO

Determinar el nivel de riesgo de inclinación de la cocina que pueda ocasionar volteo de ollas u otros utensilios, con el consecuente riesgo de quemaduras u otros accidentes a los usuarios.

MATERIALES

Cinta métrica.

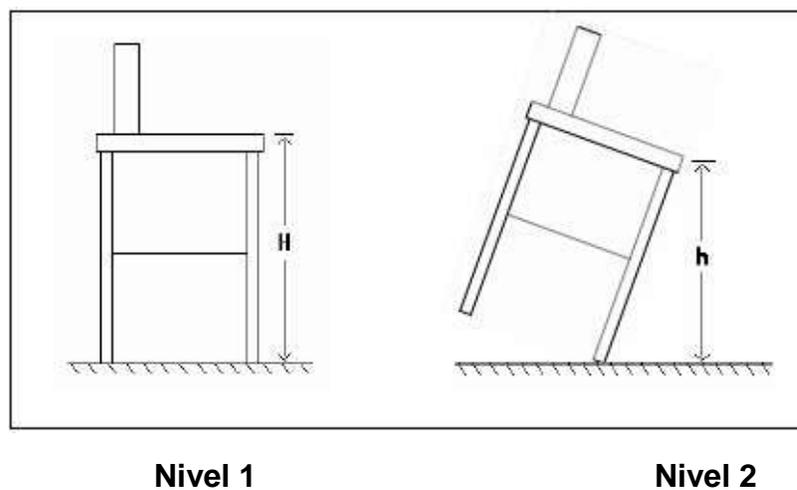
PROCEDIMIENTO

Esta prueba se realiza únicamente en cocinas portátiles y móviles. Las cocinas construidas in situ por lo general están sujetas al suelo o pared y/o tienen el suficiente peso para imposibilitar cualquier inclinación de las mismas, por lo tanto no serán sometidas a esta prueba, considerándose un resultado satisfactorio de la misma.

La prueba se realizará con la cocina apagada.

Se definen las posibles direcciones de inclinación de la cocina. Para el caso de cocinas con cuatro patas se presenta la posibilidad de inclinación de la cocina hacia adelante.

Figura No.2 Prueba de inclinación de la cocina.



Medir la altura H desde el piso hasta la superficie de la cocina (nivel 1).

Inclinar la cocina hacia adelante, medir la altura h desde el suelo hasta el nivel 2 de la superficie. El nivel 2 corresponde al punto en el que la cocina pierde su capacidad de retornar a su posición inicial y tiende al volteo hacia adelante.

Se deberá tener en cuenta que, por lo general, la diferencia entre H y h es mínima.

Determinar el cociente:

$$R = h/H$$

RESULTADOS DE LA PRUEBA

Al resultado obtenido de la relación R, se le asignará un valor de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla No.7 Relación entre altura inicial y altura inclinada.

Relación “R”, entre altura inicial y altura inclinada	Valor asignado
$R < 0,940$	4
$0,940 \leq R < 0,961$	3
$0,961 \leq R < 0,978$	2
$R \geq 0,978$	1

10.3 PROBABILIDAD DE EXPULSION DE COMBUSTIBLE ARDIENTE.

OBJETO

Determinar el nivel de riesgo de expulsión de combustible ardiente proveniente del alrededor de las ollas o de la cámara de combustión de la cocina, con la consecuente posibilidad de quemaduras de los operadores de la misma.

MATERIALES

Cinta métrica.

PROCEDIMIENTO

Colocar la olla en la hornalla. La cocina permanecerá apagada durante la prueba.

Mediante inspección visual se debe detectar el área donde el combustible pueda ser expelido alrededor de las ollas (hornallas) y/o a través de la cámara de combustión hacia el exterior.

Determinar mediante aproximación de formas rectangulares y circulares, el área de las aberturas detectadas.

RESULTADOS DE LA PRUEBA

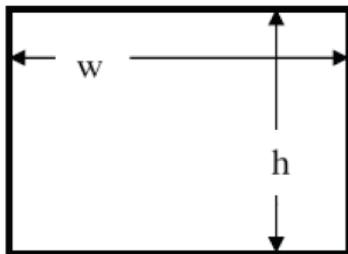
La sumatoria de las áreas abiertas constituye el valor del área expuesta (cm²).

Al resultado del área obtenida se le asignará un valor de acuerdo a la siguiente tabla:

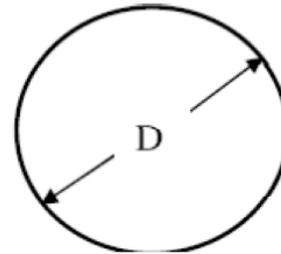
Tabla No.8 Área expuesta a expulsión de combustible.

Área expuesta "A", en cm ²	Valor asignado
$A < 50$	4
$50 \leq A < 150$	3
$150 \leq A < 250$	2
$A \geq 250$	1

Rectangular:



Circular:



10.4 OBSTRUCCIONES SERCANAS A LA SUPERFICIE DE LA COCINA.

OBJETO

Determinar el nivel de riesgo de choque o atascado de las ollas u otros utensilios, con elementos sobresalientes de la superficie de la cocina, cercanos al área de operación del usuario, que puedan ser la causa del volteo de los recipientes con la consecuente posibilidad de ocasionar quemaduras u otros accidentes.

MATERIALES.

Cinta métrica.

PROCEDIMIENTO

Medir la altura de los elementos que sobresalen por encima del nivel de la superficie de la cocina.

RESULTADOS DE LA PRUEBA

Se considerará la medida del elemento de mayor altura que sobresalga por encima del nivel de la superficie de la cocina.

Al resultado obtenido se le asignará un valor de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla No.9 Altura de elemento sobresaliente de la superficie de la cocina.

Altura de elementos sobre la superficie "D", en cm	Valor asignado
$D < 1$	4
$1 \leq D < 2,5$	3
$2,5 \leq D < 4$	2
$D \geq 4$	1

10.5 TEMPERATURA DE LA SUPERFICIE DE LA COCINA.

OBJETO

Determinar el nivel de riesgo de quemaduras por contacto accidental con la superficie de la cocina.

EQUIPO Y MATERIALES

- Termómetro para medir la temperatura del ambiente
- Termómetro portátil infrarrojo
- Combustible
- Tiza
- Ollas
- Agua
- Fósforos

PROCEDIMIENTO

Trazar una cuadrícula (8 cm x 8 cm) en la superficie de la cocina, diferenciando las zonas probables de contacto accidental, a menos de 0,90 m de altura (niños), y hasta 1,5 m (adultos) (véase Figura 3).

Colocar las ollas con agua en las hornallas. Colocar el combustible en la cocina y encenderla.

Mantener la cocina en funcionamiento, a fuego alto, durante 30 minutos.

Medir la temperatura del ambiente.

Medir la temperatura de la superficie de la cocina en puntos referenciales de cruce de la cuadrícula marcada. Registrar la temperatura en puntos ubicados a menos de 0,90 m y a más de 0,90 m, hasta 1.50 m.

Diferenciar, asimismo, los registros de temperatura en elementos metálicos y no metálicos.

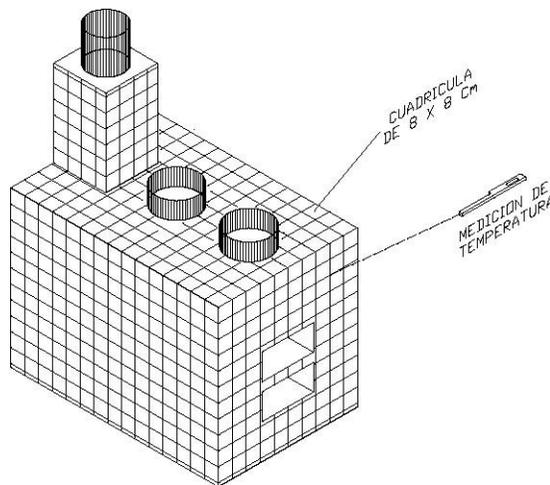


Figura No.3 Cuadrícula para medición de temperatura.

RESULTADOS DE LA PRUEBA

Se considerará el valor del punto de máxima temperatura en cualquiera de las superficies.

Al resultado obtenido se le asignará un valor de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla No.10 Temperatura de la superficie de la cocina.

Diferencia de temperatura ΔT , en ° C Diferencia de la temperatura ambiente y del punto registrado				Valor asignado
$h \leq 0,90m$		$h > 0,90m$		
Metálico	No metálico	Metálico	No metálico	
$\Delta T < 38$	$\Delta T < 46$	$\Delta T < 54$	$\Delta T < 62$	4
$38 \leq \Delta T < 44$	$46 \leq \Delta T < 52$	$54 \leq \Delta T < 60$	$62 \leq \Delta T < 68$	3
$44 \leq \Delta T < 50$	$52 \leq \Delta T < 58$	$60 \leq \Delta T < 66$	$68 \leq \Delta T < 74$	2
$\Delta T \geq 50$	$\Delta T \geq 58$	$\Delta T \geq 66$	$\Delta T \geq 74$	1

10.6 TRANSMISION DE CALOR A LOS ALREDEDORES.

OBJETO

Determinar el nivel de riesgo de incendio provocado por elevadas temperaturas en los alrededores de la cocina, que pueden activar combustibles u otros materiales inflamables existentes.

EQUIPO Y MATERIALES

- Termómetro para medir la temperatura del ambiente
- Termómetro portátil infrarrojo
- Combustible
- Tiza
- Ollas
- Agua
- Fósforos

PROCEDIMIENTO

Trazar la proyección de la cocina en piso y paredes (posterior y lateral), considerando que está ubicada en una posición común de trabajo.

Trazar una cuadrícula (8 cm x 8 cm) sobre las proyecciones de la cocina, en piso y paredes. La cuadrícula debe extenderse a una altura de alrededor de 16 cm mayor a la de la cocina y con 16 cm más de ancho que ésta (dos cuadrículas adicionales), tratando de cubrir toda el área que probablemente pueda ser afectada por el calor de la cocina.

Colocar la cocina en la ubicación de trabajo (teniendo en cuenta las proyecciones de la misma ya marcadas en piso y paredes).

Colocar las ollas con agua en las hornallas respectivas. Encender la cocina y esperar que alcance la máxima temperatura (aproximadamente 30 min).

Medir la temperatura del ambiente.

Medir la temperatura de la cuadrícula utilizando el termómetro portátil infrarrojo en cada línea de intersección.

Diferenciar los puntos registrados en piso y pared.

NOTA:

Cuando las cocinas móviles cuentan con patas demasiado cortas que no permitan la medición correcta de la temperatura de la cuadrícula se debe realizar el procedimiento siguiente:

Retirar rápidamente las ollas. Retirar, asimismo, la cocina y registrar rápidamente la temperatura en un punto de la cuadrícula previamente marcada. Volver a colocar la cocina en su posición original. Colocar los accesorios. El registro de la temperatura en los puntos de la cuadrícula debe realizarse en un tiempo no mayor de 1 min.

Mantener la cocina en funcionamiento, por lo menos durante 5 minutos antes de repetir la operación indicada para tomar la temperatura en otro punto de la cuadrícula.

Esta prueba también es aplicable al caso de cocinas móviles que puedan ser colocadas a 10 cm del combustible, asimismo, para el caso de cocinas con cámaras de combustión ubicadas a niveles inferiores a los 5 cm del piso.

RESULTADOS DE LA PRUEBA

Se considerará el valor del punto de máxima temperatura en cualquiera de las superficies.

Al resultado obtenido se le asignará un valor de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla No. 11 Transmisión de calor a los alrededores.

Diferencia de temperatura ΔT , en ° C Diferencia de la temperatura ambiente y del punto registrado		Valor asignado
Suelo – Ambiente	Paredes - Ambiente	
$\Delta T < 45$	$\Delta T < 60$	4
$45 \leq \Delta T < 55$	$60 \leq \Delta T < 70$	3
$55 \leq \Delta T < 65$	$70 \leq \Delta T < 80$	2
$\Delta T \geq 65$	$\Delta T \geq 80$	1

10.7 TEMPERATURA DE LOS ELEMENTOS DE OPERACIÓN DE LA COCINA.

OBJETO

Determinar el nivel de riesgo de quemaduras por contacto del usuario con elementos de operación de la cocina.

EQUIPO Y MATERIALES

- Termómetro para medir la temperatura del ambiente
- Termómetro portátil infrarrojo
- Combustible
- Ollas
- Agua
- Fósforos

PROCEDIMIENTO

Colocar las ollas con agua en las hornallas.

Colocar el combustible en la cocina y encenderla.

Mantener la cocina en funcionamiento durante 30 min.

Tomar los registros de temperatura en los puntos de operación de la cocina (puertas de cámara de combustión, manijas, etc.), diferenciando si se trata de elementos metálicos o no metálicos.

La prueba podrá ser realizada conjuntamente con las pruebas indicadas en los anexos F y G.

RESULTADOS DE LA PRUEBA

Se considerará el valor del punto de mayor temperatura.

Al resultado obtenido se le asignará un valor de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla No.12 Temperatura de los elementos de operación de la cocina.

Diferencia de temperatura ΔT , en $^{\circ}\text{C}$ Diferencia de la temperatura ambiente y del punto registrado		Valor asignado
Metálico	No metálico	
$\Delta T < 20$	$\Delta T < 32$	4
$20 \leq \Delta T < 26$	$32 \leq \Delta T < 38$	3
$26 \leq \Delta T < 32$	$38 \leq \Delta T < 44$	2
$\Delta T \geq 32$	$\Delta T \geq 44$	1

10.8 AISLAMIENTO TERMICO DE LA CHIMENEA.

OBJETO

Determinar el nivel de riesgo de quemaduras, por contacto accidental del usuario con la chimenea de la cocina, cuando ésta se encuentra en funcionamiento.

EQUIPO Y MATERIALES

- Termómetro para medir la temperatura del ambiente
- Termómetro portátil infrarrojo
- Combustible
- Ollas
- Agua
- Cinta métrica.
- Fósforos

PROCEDIMIENTO

Colocar las ollas con agua en las hornallas. Colocar el combustible en la cocina y encenderla.

Mantener la cocina en funcionamiento a fuego alto durante 30 min. Medir la temperatura del ambiente.

Medir la temperatura superficial de la chimenea (con o sin aislamiento) de la cocina, registrando la temperatura en puntos ubicados a menos de 0,90 m y a más de 0,90 m.

Se determinará, asimismo, la temperatura en puntos de cruce chimenea-cubierta de la edificación.

En caso de chimeneas metálicas, en las que no es posible tomar registros reales de temperatura por su superficie brillante, se marcarán con pintura puntos específicos opacos sobre la chimenea a fin de facilitar la toma de registros.

Si el prototipo incluye protecciones de la chimenea (no aislantes térmicos), se medirá el área de las rendijas de protección expuesta al contacto con los usuarios.

RESULTADOS DE LA PRUEBA

Para chimeneas con aislamiento

Se considerará el valor de los puntos de mayor temperatura.

A los resultados obtenidos de la temperatura se le asignarán valores de acuerdo a la tabla de temperaturas del Anexo F

Para chimeneas con protección no térmica

Al resultado obtenido del área expuesta de las rendijas se le asignará un valor de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla No.13 Aislamiento térmico de la chimenea.

Área expuesta de las rendijas de la barrera de protección "A", en cm ²	Valor asignado
$A < 10$	4
$10 \leq A < 100$	3
$100 \leq A < 300$	2
$A \geq 300$	1

10.9 LLAMAS CIRCUNDANTES A LA OLLA.

OBJETO

Determinar el nivel de riesgo de contacto del operador con llamas circundantes a la olla y cerca de las asas de la misma.

EQUIPO Y MATERIALES

- Combustible
- Ollas
- Agua
- Cinta métrica.

➤ Fósforos

PROCEDIMIENTO

Colocar las ollas con agua, en las hornallas.

Colocar el combustible en la cocina y encenderla.

Mantener la cocina en funcionamiento, a fuego alto, durante 30 minutos. Observar y medir la altura de las llamas que sobresalen alrededor de la olla.

RESULTADOS DE LA PRUEBA

Se considerará la altura máxima de las llamas que sobresalen alrededor de las ollas durante la prueba.

Al resultado obtenido se le asignará un valor de acuerdo a la siguiente tabla.

Tabla No.14 Llamas circundantes a las ollas.

Llamas circundantes	Valor asignado
Ninguno	4
Llamas cubren menos de 4 cm de la altura de la olla, no manijas	3
Llamas cubren casi la totalidad de las paredes laterales de la olla, no manijas	2
Olla entera y/o manijas	1

10.10 LLAMAS Y/O COMBUSTIBLE QUE SALEN DE LA CAMARA DE COMBUSTION.

OBJETO

Determinar el nivel de riesgo de expulsión de combustible y/o llamas que sobresalen de la cámara de combustión.

EQUIPO Y MATERIALES

- Combustible
- Ollas
- Agua
- Fósforos

PROCEDIMIENTO

Colocar las ollas con agua, en las hornallas.

Colocar el combustible en la cocina y encenderla.

Mantener la cocina en funcionamiento, a fuego alto, durante 30 minutos.

Observar si las llamas y/o combustible sobresalen de la cámara de combustión en su funcionamiento habitual.

RESULTADOS DE LA PRUEBA

Se considerará si el combustible y/o las llamas sobresalen de la cámara de combustión.

Al resultado obtenido se le asignará un valor de acuerdo a la siguiente tabla.

Tabla No. 15 Llamas y/o combustibles que salen de la cámara de combustión.

Llamas/combustibles salientes de la cámara de combustión	Valor asignado
Llamas/combustible contenidos	4
Llamas/combustible salientes	1

XI. WBT_data-calculation_sheet_4.2.3.xls (hoja de cálculos)

Para el procesamiento de los datos obtenidos en las pruebas del WBT, se utiliza una hoja de cálculo titulada **WBT-data- WBT-data-calculation-sheet-4.2.3.xls** que es un libro de cálculos Excel en el que se contienen tablas dinámicas concatenadas entre sí para procesar los datos de las distintas variables de cada prueba y llevar un registro continuo de estas utilizando las ecuaciones de la base teórica del protocolo para obtener los resultados finales de cada evaluación, este libro es proporcionado en el sitio web de protocolos estándar y de pruebas:

<http://www.cleancookstoves.org/our-work/standards-and-testing/learn-about-testing-protocols/>.

En la que también se puede actualizar a fin de garantizar que se cuenta con la última versión.

11.1 PROCESAMIENTO DE DATOS.

Mediante las ecuaciones incluidas en la hoja de cálculo **WBT-data- WBT-data-calculation-sheet-4.2.3.xls**, se determinará:

- Consumo energético en 5 L de agua

- Tiempo requerido para hervir 5 L de agua

De acuerdo a los resultados obtenidos se evaluará si la cocina cumple o no las conformidades asignadas, de acuerdo a las siguientes tablas:

Tabla No. 16 Consumo energético.

Consumo energético para completar el WBT con 5L de agua, en kJ/L	Valor referencial	Evaluación de conformidad
(Valor obtenido)	BE ≤ 20 000 kJ/5L	SI / NO

Tabla No.17 Tiempo de hervor.

Tiempo de hervido de 5 L de agua en la prueba, en min	Valor referencial	Evaluación de conformidad
(Valor obtenido)	$\Delta t_c \leq 30$ min.	SI / NO

11.2 TOMA DE DATOS Y CALCULOS.

Tabla No.18 Datos que se consideran constantes durante las pruebas.

Dato a tomar	Unidad	Símbolo	Observaciones
Valor calorífico mayor (combustible seco)	MJ/kg	HHV	Determinado en laboratorio
Valor calorífico menor (combustible seco)	MJ/kg	LHV	Cálculo obtenido mediante hoja electrónica
Contenido de humedad en el combustible	(% - base húmeda)	m	Determinado en laboratorio o con medidor portátil de humedad
Valor calorífico efectivo (de acuerdo al contenido de humedad del combustible)	MJ/kg	C_{eff}	Cálculo obtenido mediante hoja electrónica
Peso de la olla vacía	Gramos	P	Determinado antes de la prueba
Peso del recipiente vacío para carbón y cenizas	Gramos	K	Determinado antes de la prueba
Punto de ebullición local del agua	° C	Tb	Determinado antes de la prueba

Donde:

$$C_{eff} = LHV(1 - m) - (m(T_b - T_a) * C_{agua} + \lambda_{agua})$$

C_{eff}: Este es el valor calorífico efectivo del combustible que representa la energía requerida para calentar y evaporar la humedad presente.

LHV: Valor Calorífico Inferior.

m: contenido de humedad en el combustible en % de base húmeda.

T_b: Es el punto local de ebullición del agua.

T_a: Es la temperatura ambiente.

Cagua: Es el calor específico del agua.

λ agua: Es el valor del calor latente del agua a la T_b .

11.3 Prueba de Potencia alta de Inicio Frío y Caliente.

NOTA:

El subíndice “c” corresponde al inicio frío (cold), el subíndice “h” corresponde al inicio caliente (hot).

Las ecuaciones presentadas a continuación para el inicio en frío se aplican del mismo modo para el inicio en caliente considerando solamente el cambio del subíndice.

Tabla No. 19 Variables medidas antes y después de la prueba.

Dato a tomar	Unidad	Simbolo
Peso del combustible antes de la prueba	g	f_{ci}
Peso de la olla con agua antes de la prueba	g	P_{ci}
Temperatura del agua antes de la prueba	°C	T_{ci}
Hora de inicio de la prueba	h:min	t_{ci}
Peso del combustible después de la prueba	g	f_{cf}
Peso del recipiente con carbón después de la prueba	g	C_c
Peso de la olla con agua después de la prueba	g	P_{cf}
Temperatura del agua después de la prueba	° C	T_{cf}
Hora de finalización de la prueba	h:min	t_{cf}

Tabla. No. 20 Variables que son calculadas.

Dato a calcular	Unidad	Símbolo
Combustible consumido, húmedo	g	f_{cm}
Cambio en carbón durante la fase de prueba	g	ΔC_c
Equivalente de combustible seco consumido	g	f_{cd}
Agua evaporada	g	W_{cv}
Agua restante al final de la prueba	g	W_{cr}
Tiempo de hervido	min	Δt_c
Eficiencia térmica	%	h_c
Rango de combustible consumido	g/min	r_{cb}
Consumo específico del combustible	g de combustible / g de agua	SC_c
Temperatura corregida por el consumo de combustible específico	g de combustible / g de agua	SC_c^T
Potencia del fuego	W	FP_c
Consumo de combustible	g/L	BF
Consumo energético	kJ/L	BE

11.3.1 CALCULOS.

Combustible consumido (húmedo) (f_{cm})

Ésta es la cantidad de combustible que fue usado para llevar el agua a su ebullición, tomando la diferencia del lote inicial de combustible y el combustible que permanece al final de la fase de la prueba:

$$f_{cm} = f_{ci} - f_{cf}$$

Cambio neto en carbón durante la fase de la prueba (ΔC_c)

Esta es la cantidad de carbón creada durante la prueba menos el carbón remanente de la cocina al final de la fase de la prueba. Debido a su alta temperatura, el carbón se pondrá en un recipiente pre-pesado vacío de masa k

(que es proporcionado por los técnicos verificadores) y del peso del carbón con el recipiente, se sustrae las dos masas.

$$\Delta Cc = Cc - K$$

Equivalente de combustible seco consumido (fcd)

Éste es un cálculo que ajusta la cantidad de combustible que fue quemado para responder a dos factores: (1) la energía que fue necesaria para quitar la humedad en el combustible y (2) la cantidad de carbón restante no quemado. El cálculo se hace de la siguiente manera:

$$f_{cd} = f_{cm} \cdot (1 - m) - \frac{m \cdot f_{cm} \cdot [C_{agua} \cdot (T_b - T_a) + \lambda_{agua}]}{LHV}$$

Agua evaporada (Wcv)

Ésta es la medida de la cantidad de agua perdida a través de la evaporación durante la prueba. Es calculado por la sustracción simple de peso inicial de las ollas con agua menos el peso final de las ollas y el agua remanente. Considerando hasta cuatro ollas, se tiene,

$$W_{cv} = \sum_{j=1}^4 (p_{jci} - p_{jcf})$$

Agua que permanece al final de la prueba (Wcr)

Esta es la medida de la cantidad de agua calentada para hervir. Es calculado por la sustracción simple del peso final de la olla con agua y menos el peso inicial de la olla vacía, con una corrección para el agua en las ollas adicionales que no llegaron a hervir (j=2):

$$W_{cr} = \sum_{j=1}^4 \left[(p_{j_{cf}} - p_j) \cdot \left(\frac{T_{j_{cf}} - T_{j_{ci}}}{T_b - T_{j_{ci}}} \right) \right]$$

Donde j corresponde al número de ollas en la cocina.

Tiempo de hervido (Δt_c)

Éste es el tiempo tomado para realizar la prueba.

$$\Delta t_c = t_{cf} - t_{ci}$$

La corrección de temperatura para el tiempo de hervido de la primera olla es:

$$\Delta t_c = \frac{\Delta t_c \cdot 75}{(T_b - T_{1_{ci}})}$$

Eficiencia térmica (h_c)

Es una cantidad del trabajo realizado calentando y evaporando el agua respecto a la energía consumida por unidad de combustible quemado. Se calcula de la siguiente manera de acuerdo al número de ollas de la cocina:

$$h_c = \frac{[C_{agua} \cdot \sum_{j=1}^4 (p_{j_{ci}} - p_j) \cdot (T_{j_{cf}} - T_{j_{ci}})] + \lambda_{agua} \cdot W_{cv}}{f_{cd} \cdot LHV}$$

Rango de combustible consumido (rcb)

Ésta es una medida de la proporción de consumo de combustible mientras se trae el agua a ebullición. Es calculado dividiendo el equivalente del combustible seco consumido con el tiempo que tarda la prueba.

$$r_{cb} = \frac{f_{cd}}{\Delta t_c}$$

Consumo específico del combustible (SCc)

Debe ser considerado como “el combustible exigido para producir el rendimiento de la unidad” si el rendimiento es el agua hervida, frijoles cocinados, o barras de pan. En el caso de la primera fase de la prueba (inicio frío), es una medida de la cantidad de combustible exigido para producir un litro (o kilo) de agua hervida que empieza con la cocina fría. Es calculado de la siguiente manera:

$$SC_c = \frac{1000 \cdot f_{cd}}{W_{cr}}$$

Temperatura corregida por el consumo de combustible específico SCT

Esto corrige el consumo específico para responder las diferencias en las temperaturas del agua inicial. La corrección es un factor simple que “normaliza” el cambio de temperatura observado en las condiciones de la prueba a un “normal” cambio de temperatura de 75 °C (de 25 °C a 100 °C). Es calculado de la siguiente forma:

$$SC_c^T = SC_c \cdot \frac{75}{T_b - T_{1ci}}$$

Potencia del fuego (FP_c)

Ésta es una proporción de la energía del combustible consumido por la cocina por tiempo de la unidad. Dícese el rendimiento medio de poder de la cocina (en Vatios) durante la prueba de potencia alta

$$FP_c = \frac{f_{cd} \cdot LHV}{(\Delta t_c \cdot 60)}$$

11.4 Prueba de Potencia baja (Hervido a fuego lento).

Tabla No. 21 Variables que son directamente medidas (potencia baja).

Dato a tomar	Unidad	Símbolo
Peso del combustible no utilizado cuando el agua llega a hervir	g	f_{si}
Peso de la olla con agua cuando ésta llega a hervir	g	P_{si}
Temperatura del agua a ebullición ($T_{si} = T_b$)	°C	T_{si}
Tiempo de inicio de la fase de prueba de hervido	hrs	t_{si}
Peso restante del combustible no quemado después de la prueba	g	f_{sf}
Peso del recipiente con carbón después de la prueba	g	C_s
Peso de la olla con agua después de la prueba	g	P_{sf}
Temperatura del agua al final de la prueba	°C	T_{sf}

Tabla No. 22 Variables que son calculadas. (Potencia baja)

Dato a tomar	Unidad	Símbolo
Combustible consumido, húmedo	G	F_{cm}
Cambio neto en carbón durante la fase de prueba	G	C_s
Equivalente de combustible seco consumido	G	F_{sd}
Agua vaporizada	g	W_{sv}
Agua restante al final de la prueba	g	W_{sr}
Tiempo de hervido	hrs	T_s
Eficiencia térmica	%	H_s
Rango de combustible consumido	g/min	r_{sb}
Consumo específico de combustible	g de combustible / g de agua	SC_s
Potencia del fuego	W	FP_s
Rango de rechazo	---	TDR

11.4.1 Cálculos.

Los cálculos son similares a los de la prueba de potencia alta (segunda fase), excepto que se utiliza un subíndice “s” para todas las variables del sistema. Para el caso de potencia baja, sin embargo, se tienen los siguientes cálculos específicos:

Cambio neto en el trabajo por horas durante la fase de la prueba (ΔC_s)

$$\Delta C_s = (C_s - K) - \Delta C_C$$

Rango de rechazo.

$$TDR = \frac{FP_C}{FP_S}$$

Cálculos finales considerando las tres fases

Se realizan los cálculos considerando las tres fases de la prueba de hervor de agua.

Consumo de combustible (BF)

Es el promedio del consumo específico de combustible de cada fase que ayuda a completar la prueba de hervor de agua WBT

$$BF = 5X \left[\frac{(SC^T_c + SC^T_h)}{2} \right] + SC_s$$

Consumo Energético (BE)

Es la cantidad de energía necesaria, generada por el combustible quemado y dirigida directamente a las ollas con agua, para completar las tres (3) fases de la prueba WBT.

$$BE = \left(\frac{BF}{1000} \right) \cdot LHV$$

XII. PROPUESTA DE DEFINICIÓN DE ESTÁNDARES

La presente propuesta de definición de estándares se basa en pruebas realizadas en un ambiente controlado para tres modelos de cocinas mejoradas comúnmente utilizadas en Nicaragua. Durante el tiempo disponible para el estudio se ha tratado de maximizar el número de pruebas a pesar de la limitación de tiempo de 2 semanas disponibles (10 días hábiles de pruebas).

Durante la pruebas se ha utilizado el protocolo WBT 4.2.3 que es la última versión disponible además de equipamiento de referencia para la medición de concentración de CO y PM-2.5. El ambiente de pruebas tiene control de la tasa de ventilación y un sistema de mezcla forzada para garantizar un muestreo representativo de la contaminación intradomiciliaria. A continuación se detallan las condiciones del estudio.

12.1 Ambiente de Pruebas y sistema de adquisición de datos.

El ambiente de pruebas es muy importante en especial desde el punto de vista de la medición de la contaminación intradomiciliaria. Para esto, se adecuó el laboratorio con un sistema de ventilación forzada como se muestra en la Foto 1.



Foto 1 – sistema de ventilación del ambiente de pruebas.

La ventilación forzada, además de permitir la renovación del aire del ambiente interior, permite controlar la tasa de renovación de aire (esto se refiere a que las pruebas no se están realizando con exceso de contaminación en el aire resultado de las pruebas anteriores). Esto garantiza que la toma de muestra para el monitoreo de emisiones sea constante y reproducible a través de equipamiento de medición de gases.



Foto 2 – Ubicación de los equipos de monitoreo de CO y PM-2.5

Por otro lado, en la Foto 2 se muestra la instalación de un abanico de techo. Esto permite por un lado una ventilación interna y por otro la mezcla adecuada de los gases en el volumen del ambiente. De este modo el equipamiento de monitoreo puede ser instalado en un punto representativo del ambiente (Foto 2).

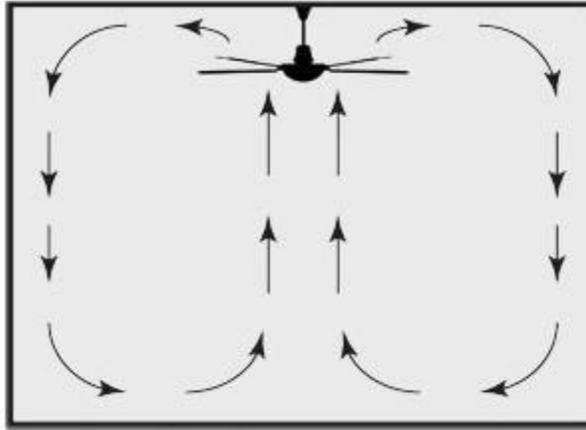


Figura 4 – Efecto de mezcla vertical en el ambiente de pruebas.

La Figura 4 muestra un esquema de las corrientes de aire inducidas en el ambiente de pruebas por el ventilador de techo. Esto simula un sistema de mezcla perfecta en el volumen del sistema donde se realiza el monitoreo de CO y PM-2.5.

Por otro lado, el ambiente de pruebas permite la instalación de las cocinas a ser evaluadas para lo cual se instaló adicionalmente un sistema de adquisición de datos para la temperatura tanto del agua en las ollas como de la temperatura de chimenea.



Foto 3 – Instalación de termocuplas para adquisición de datos en agua y gases de chimenea.

El uso de la medición en tiempo real de las temperaturas, en especial de los gases de chimenea, permiten controlar la prueba del WBT de modo que la tasa de alimentación de combustible sea lo más constante posible. En la Figura 5 se muestra un conjunto típico de datos obtenidos para una prueba.

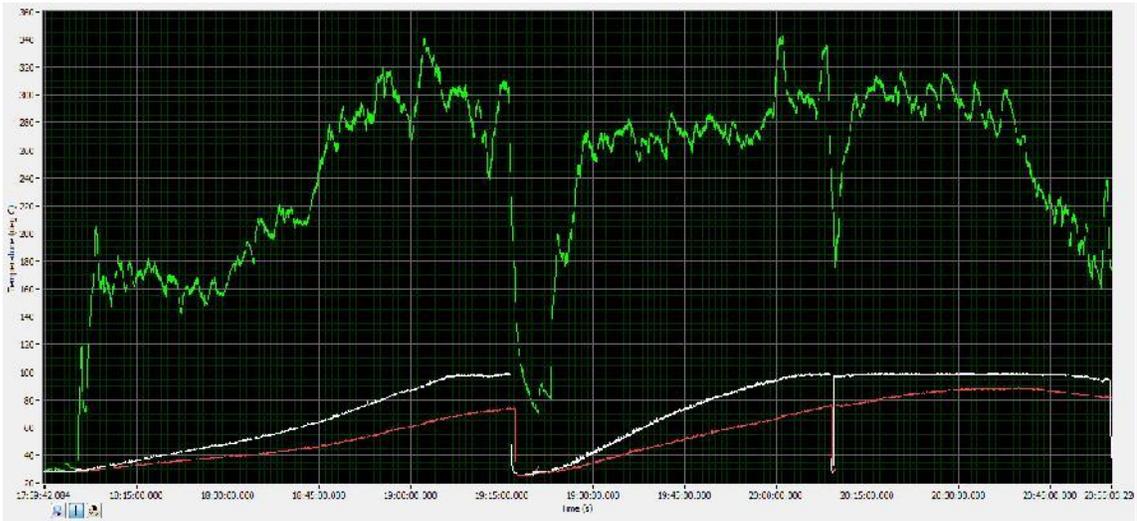


Figura 5 – Visualización de datos típicos de una prueba de WBT. La línea superior representa la temperatura de la chimenea. Las líneas inferiores corresponden a las ollas.

Como puede verse en la Figura, los perfiles para la temperatura del agua en la primera olla muestran el comportamiento del WBT en sus tres fases. La temperatura de la chimenea varía muy rápidamente dada la baja capacidad calorífica de los gases pero se puede utilizar para visualizar la operación de la cocina a medida que se alimenta la leña.

Para el caso de las emisiones, la adquisición de datos en realidad no mide la tasa de emisión de contaminantes provenientes de la cocina, en su lugar se mide la concentración del contaminante en el ambiente intradomiciliario simulado en las condiciones del laboratorio. Para realizar estas mediciones se ha utilizado el equipamiento denominado Medidor de Contaminación de Aire Intradomiciliaria (Indoor Air Pollution Meter, IAP). En la Figura 6 se puede ver el procesamiento de los datos realizado por el software del equipo para las concentraciones del CO y PM-2.5 durante una prueba.

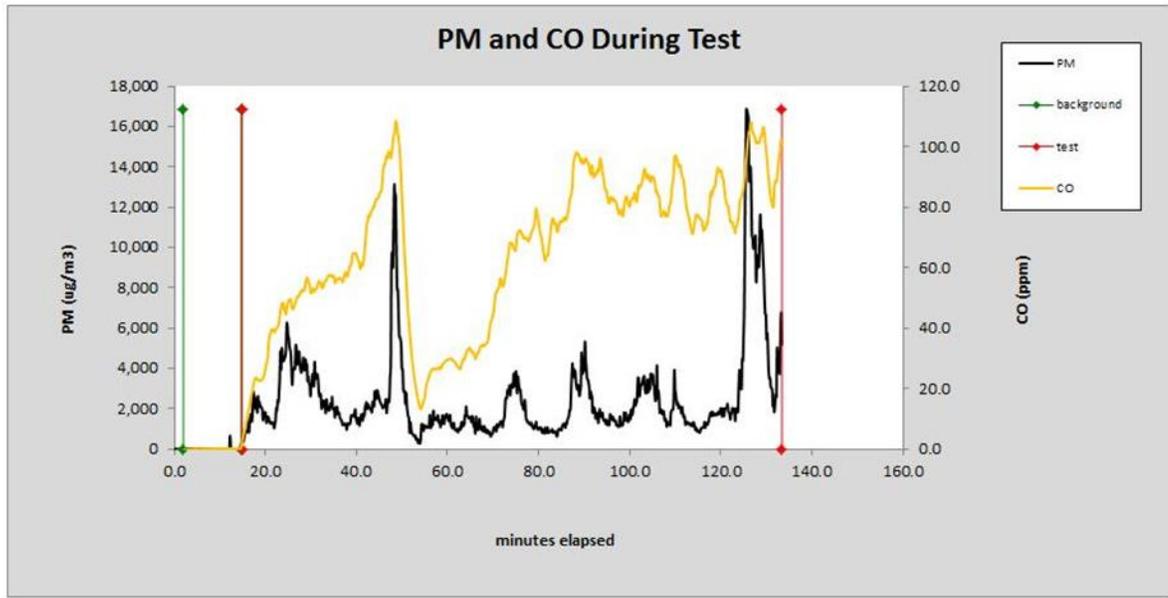


Figura 6 – Visualización de datos de monitores de CO y PM-2.5 en equipo IAP

Como dato representativo de la prueba se obtiene el promedio del CO y PM-2.5 durante el tiempo transcurrido para todo el WBT. De este modo se obtiene un valor indirecto de las emisiones de la cocina en el ambiente. Debido a este concepto, es importante controlar la tasa de ventilación del ambiente para que el efecto de la misma sea constante sobre la medición de la concentración en el volumen de aire del laboratorio.



Foto 4 – Indoor Air Pollution Meter (IAP). Fuente: Aprovecho Research Center

12.2 Combustible.

El combustible utilizado para todas las pruebas fue de la misma especie: Quebracho (*phitecellobium arboreum*). Debido a su alto poder calorífico (entre 20 – 21 MJ/Kg) sin excesivo contenido de resina, y es una especie bastante común en la región como lo estipula el protocolo del Water Boiling Test.

Su almacenamiento se realizó en un ambiente contiguo al de las pruebas y para cada día se usó leña de un mismo lote de la leña.



Foto 5 – Almacenamiento de leña por lotes para uso en pruebas diarias

Con la finalidad de hacer más representativa la medición de la humedad de la leña, la cual es un factor importante para controlar en las pruebas, se realizó un total de 30 mediciones de humedad de cada lote de pruebas. La humedad de los lotes varía entre pruebas, por lo que se consideró un lote para cada día. La humedad se determinó utilizando un sistema potenciométrico realizando mediciones en tres puntos distintos de los leños seleccionados al azar.

Detalle de las pruebas realizadas

En la Tabla 23 se detalla la planificación de las pruebas realizadas con cuatro modelos de cocinas incluyendo el fogón tradicional. Se variaron las condiciones de las pruebas tanto en laboratorio (interior) como en espacio abierto (exterior). En el caso de la cocina mini eco fogón, dado su diseño mixto de olla y plancha, se cambió el material del elemento de evaluación de la plancha (recipiente construido con Mylar, otro construido con lámina de aluminio y una olla común).

	Tradicional	Onil	MiniEcofogon	Ecobarril
Prueba 1	Interior	Interior	Interior/Mylar	Interior
Prueba 2	Interior	Interior	Interior/Olla	Interior
Prueba 3	Interior	Interior	Interior/Aluminio	Interior
Prueba 4	Interior	Exterior	Interior/ Aluminio	Exterior
Prueba 5	Interior	Exterior	Interior/ Aluminio	Exterior
Prueba 6	Interior	Exterior	Exterior/Olla	Exterior
Prueba 7	Interior	Exterior	Exterior/Aluminio	Exterior

Tabla 23 – Detalle de las condiciones de las pruebas de cocinas mejoradas.

El fogón tradicional se evaluó siempre en condiciones controladas de laboratorio dado que es necesario definir una línea base con la mayor cantidad de pruebas bajo condiciones de la tasa de ventilación constante lo que permite obtener un promedio representativo para la concentración de CO y PM-2.5 intradomiciliario.

En la sección de análisis de resultados se detalla la prueba estadística utilizada para verificar la diferencia o no de resultados provenientes de pruebas interior/exterior de modo que todo el conjunto de pruebas sean utilizadas en la definición de los estándares.



Foto 6 – Configuración del sistema de evaluación para cocina plancha mini eco fogón en base a recipiente de Mylar

Los datos de las pruebas de WBT se procesaron inicialmente en planillas de recolección de datos crudos (ver **Anexo 2**) para luego ser vaciados a las planillas electrónicas del WBT versión 4.2.3. La planilla del WBT entrega los resultados procesados para los indicadores más utilizados en las pruebas de cocinas mejoradas como se muestra en la Figura 7.

WATER BOILING TEST - VERSION 4.2.3													TEST #			
All cells are linked to data worksheets, no entries are required													NICARAGUA			
Stove type/model	Dni															
Location	UNI - RUPAF															
Fuel description	Hibiscellobium Dulce (Quamechi, Guamuchi (Mexico), Mania Lemann)															
Wind conditions	No wind, No wind, No wind, Moderate wind, Moderate wind, Moderate wind, Moderate wind															
Ambient temperature	30.5°C, 28°C, 30°C, 27.9°C, 32°C, 26.3°C, 24.9°C, °C, °C, °C															
1. HIGH POWER TEST (COLD START)																
	units	Test 1	Test 2	Test 3	Test 4	Test 5	Test 6	Test 7	Test 8	Test 9	Test 10	Average	St Dev	COV		
Time to boil Pot # 1	min	81	55	72	77	54	33	37	-	-	-	58.22657	19.0	32.6%		
Temp corrected time to boil Pot # 1	min	86	69	77	82	69	36	40	-	-	-	53	20.1	32.0%		
Burning rate	g/min	19	26	19	20	25	28	27	-	-	-	24	4.1	17.5%		
Thermal efficiency	%	13%	14%	13%	13%	16%	16%	16%	-	-	-	0.1418216	0.0	9.2%		
Specific fuel consumption	g/liter	163	162	175	193	167	116	126	-	-	-	161	20.3	17.6%		
Temp-corrected specific consumption	g/liter	166	173	188	209	177	128	138	-	-	-	173	29.3	17.0%		
Temp-corrected specific energy cons.	kJ/liter	4.165	3.692	4.009	4.460	3.789	2.744	2.962	-	-	-	3.639	626.6	17.0%		
Firepower	watts	6.874	9.218	6.729	7.059	9.003	10.320	9.623	-	-	-	8393.7033	1,489.0	17.6%		
2. HIGH POWER TEST (HOT START)																
	units	Test 1	Test 2	Test 3	Test 4	Test 5	Test 6	Test 7	Test 8	Test 9	Test 10	Average	St Dev	COV		
Time to boil Pot # 1	min	31	30	45	35	34	40	25	-	-	-	35	5.8	16.56%		
Temp-corrected time to boil Pot # 1	min	34	33	48	38	37	44	31	-	-	-	38	6.0	15.90%		
Burning rate	g/min	32	30	21	20	32	30	36	-	-	-	29	5.9	20.52%		
Thermal efficiency	%	17%	19%	17%	22%	17%	16%	13%	-	-	-	0	0.0	14.85%		
Specific fuel consumption	g/liter	106	98	120	94	123	146	128	-	-	-	116	18.2	15.56%		
Temp-corrected specific consumption	g/liter	115	108	120	100	135	160	130	-	-	-	126	20.1	15.97%		
Temp-corrected specific energy cons.	kJ/liter	2.462	2.306	2.733	2.144	2.874	3.414	2.896	-	-	-	2.639	429.6	16.97%		
Firepower	watts	11.254	10.692	7.463	7.093	11.279	10.663	12.706	-	-	-	10151	2,034.9	20.52%		

Figura 7 – Vista parcial de la entrega de resultados del WBT versión 4.2.3.

Por otro lado, las mediciones provenientes de los analizadores de CO y PM-2.5 (IAP– Indoor Air Pollution) son procesados automáticamente por el software del equipamiento, donde se entrega la curva de concentración de estos contaminantes en función del tiempo de la prueba, como se mostraron en la Figura 6.

XIII. Procesamiento e interpretación de datos

Indicadores y estándares para evaluación de cocinas

La propuesta de definición de **estándares** para la evaluación de cocinas parte del principio de la definición de los **indicadores** a utilizar. Sobre estos indicadores se definen valores numéricos aceptables de rendimiento de las cocinas en base a un conjunto de datos obtenidos como criterio base. La Figura 8 muestra el esquema conceptual de la aplicación de los estándares.

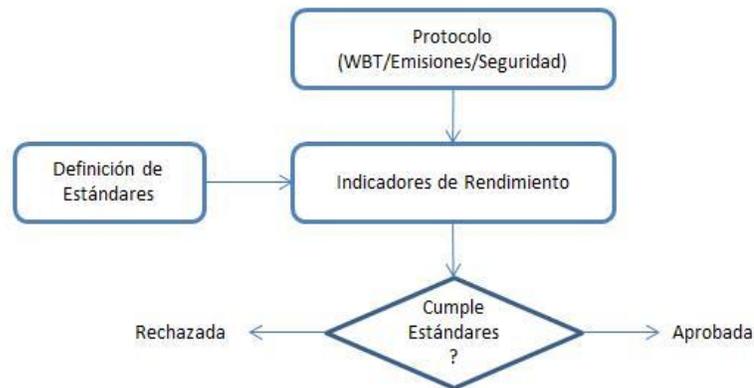


Figura 8 – Esquema conceptual del uso de indicadores y estándares para evaluación de cocinas

De acuerdo a las normativas de Perú y Bolivia que se usan de referencia para la presente propuesta, los **indicadores** utilizados son los denominados BENCHMARK VALUES (VALORES DE REFERENCIA) para 5L de agua. Estos están compuestos por el Valor de Referencia para Consumo de Combustible (Fuel Use Benchmark Value) y Valor de Referencia de Uso de Energía (Energy Use Benchmark Value). En la Figura 9 se detalla la sección de la planilla del WBT 4.2.3 donde se despliegan estos resultados.

BENCHMARK VALUES (for 5L)		Test 1	Test 2	Test 3	Test 4	Test 5	Test 6	Test 7
Fuel Use Benchmark Value	g	1,235	1,163	1,490	1,516	1,409	1,283	1,180
Energy Use Benchmark Value	kJ	26,382	24,834	31,818	32,380	30,092	27,407	25,202

Figura 9 – Detalle de la planilla WBT con el despliegue de los cálculos de los Valores de Referencia

Desde el punto de vista del usuario y con la finalidad de utilizar un indicador que mida la percepción en el uso de la cocina mejorada, las normas peruana y boliviana utilizan como parámetros de referencia el **Valor de Referencia de Uso de Energía** y el **Tiempo de Hervor** del agua de la primera olla en la fase en frío.

El presente trabajo monográfico busca definir valores representativos para estos indicadores (además de contaminación intradomiciliaria y seguridad), de modo que la evaluación de las cocinas mejoradas sea adecuada para las condiciones de Nicaragua.

Para el caso de las emisiones, el indicador de rendimiento es la **reducción relativa de concentración** en el ambiente del laboratorio para el CO y el PM-2.5.

13.1 Análisis de valores anómalos.

Antes de utilizar los datos obtenidos de las pruebas de hervor de agua (WBT) estos deben ser verificados con la finalidad de detectar **valores anómalos**, es decir, mediciones que parecen desviarse marcadamente de otros valores en la muestra. Estos valores pueden estar presentes debido a la alta variabilidad de la prueba de WBT. Con esta finalidad se ha utilizado el Test de Grubbs, el cual supone distribución normal de la muestra de datos y permite detectar un valor anómalo dentro de ella.

En la Figura 10 se muestra un ejemplo de resultados obtenidos del Test de Grubbs a los datos obtenidos del WBT en el fogón tradicional para la etapa en caliente.

HOT START																		
N°	Tiempo de hervor olla	G tab		Velocidad de combustión	G tab		Eficiencia térmica	G tab		Consumo específico de combustible	G tab		Consumo específico de energía (corregido)	G tab		Potencia	G tab	
		Z	1.887		Z	1.887		Z	1.887		Z	1.887		Z	1.887		Z	1.887
1	29	0.12	A	43.0	0.30	A	7.0%	0.45	A	260.7	0.25	A	6,093.1	0.30	A	15,370.4	0.50	A
2	32	0.29	A	32.8	0.35	A	8.1%	0.28	A	220.4	0.19	A	5,091.6	0.18	A	11,667.2	0.25	A
3	33	0.63	A	38.4	0.01	A	7.5%	0.39	A	265.5	0.31	A	6,173.7	0.34	A	13,650.5	0.01	A
4	25	1.06	A	12.5	1.63	A	27.8%	2.03	R	65.0	1.90	R	1,515.0	1.92	R	4,432.5	1.63	A
5	24	1.06	A	42.0	0.24	A	7.5%	0.39	A	307.4	0.77	A	7,015.9	0.75	A	14,957.3	0.24	A
6	24	1.30	A	61.1	1.44	A	6.4%	0.52	A	308.0	0.77	A	6,943.7	0.72	A	21,736.2	1.44	A
Promedio	29.50			38.3			10.8%			237.8			5,473.8			13,625.1		
S	4.23			15.8			8.4%			90.8			2,060.9			5,634.2		

Figura 10 – Resultados del test de Grubbs para valores anómalos. Caso fogón tradicional (A=Aceptado, R=Rechazado)

El análisis del Test de Grubbs se ha realizado para los parámetros calculados por la planilla del WBT (tiempo de hervor, tasa de combustión, eficiencia térmica, consumo específico de combustible, consumo específico de energía y potencia). Estos reflejan la calidad de las pruebas y permiten la identificación de valores anómalos que no son representativos del total de la muestra. El conjunto completo de la aplicación del Test de Grubbs se encuentra en el **Anexo 1**. De este modo se han validado estadísticamente los datos obtenidos con la finalidad de verificar que provienen de un solo conjunto de datos.

13.2 Resultados de Valores Referenciales (BENCHMARK VALUES)

En la Figura 11 se muestran los resultados obtenidos de la comparación de las cocinas mejoradas para el Valor Referencial de Consumo de Energía (Fuel Use Benchmark Value) para 5L de agua.

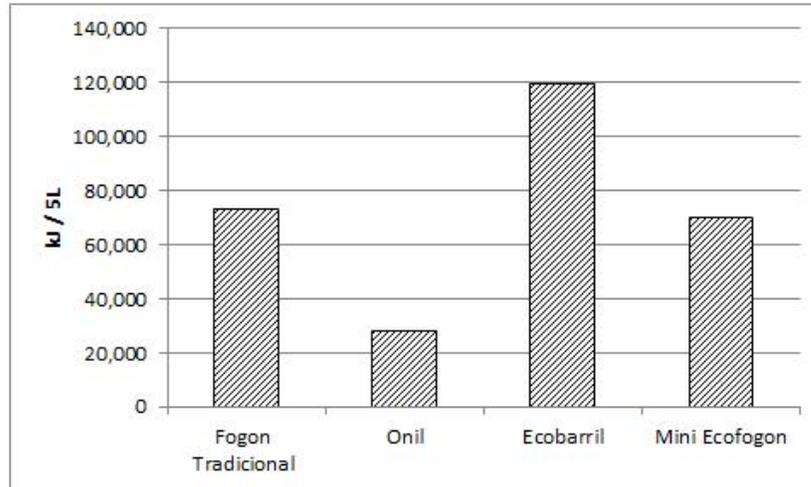


Figura 11 – Valor Referencial de Uso de Energía promedio (Fuel Use Benchmark Value).

El valor promedio para los datos de la figura anterior es de **72,651.3** kJ/5L incluyendo la **Eco barril**. La cocina **Onil** posee el mejor valor de uso de energía por cada 5L de agua aunque esto no es necesariamente igual respecto al tiempo de hervor. La cocina **Eco barril** por sus características que se orientan más a pequeños negocios que de uso domiciliario, no puede ser directamente comparada con los demás modelos. El promedio del uso de energía para **Onil** y **Mini Eco fogón** es de **49,142.5** kJ/5L.

Respecto al tiempo de hervor, la Figura 12 detalla los resultados obtenidos. El promedio global es de **43.0** min (**48.8** min para Onil y Mini Eco fogón) donde en este caso la cocina Onil tiene el mayor tiempo de hervor. Esto contrasta con el resultado de uso de energía de la Figura 11 para este modelo de cocina.

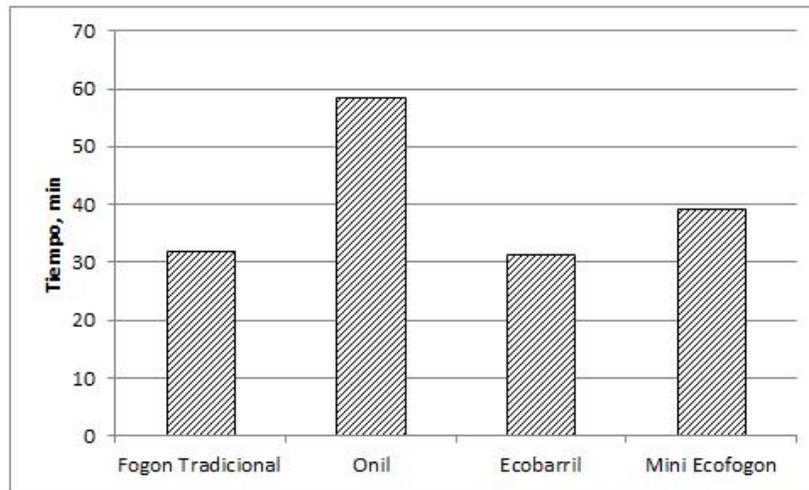


Figura 12. Tiempo de hervor promedio respecto a la etapa en frío.

Como se puede ver en las últimas dos figuras, una cocina mejorada no necesariamente presenta uso de energía o tiempo de hervor mejores que un fogón tradicional. Es por esto que parece oportuno realizar una comparación adicional entre el Valor Referencial de Uso de Combustible (Fuel Use Benchmark Value) además de los últimos dos parámetros analizados. Esto se detalla en la Figura 13.

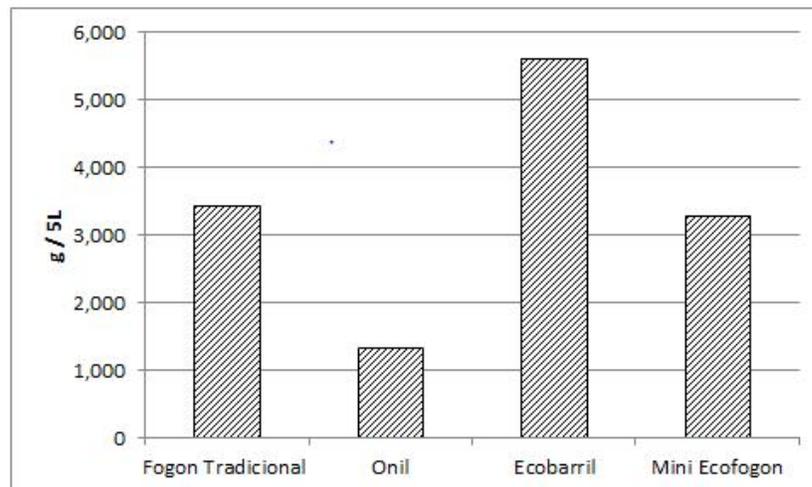


Figura 13 – Valor Referencial de Uso de Combustible (g/5L)

La Figura 13 comparada con la Figura 11 muestra como era un comportamiento idéntico entre el uso de combustible y el uso de energía. Esto sostiene la idea de que es mejor utilizar uno solo de los indicadores de “benchmark” complementado con el tiempo de hervor.

13.3 Resultados de Emisiones (Concentraciones Intradomiciliarias)

En el caso de las emisiones, se han utilizado para las mediciones los equipos IAP (Indoor Air Pollution) como se describe en la sección (Ambiente de pruebas y sistema de adquisición de datos). Los datos procesados para las pruebas se componen de los promedios de CO y PM-2.5 obtenidos durante las mismas para cada tipo de cocinas.

La ventaja de contar con un ambiente cerrado con tasa de ventilación constante es que las concentraciones obtenidas son lo suficientemente representativas para la sensibilidad del equipo utilizado. De este modo los valores obtenidos son representativos de las emisiones y estas no están influidas por una ventilación excesiva que diluya las concentraciones a niveles muy bajos.

Para el caso del CO, los valores obtenidos se muestran en la Figura 14. En esta figura puede finalmente apreciarse uno de los efectos de las cocinas mejoradas, la reducción de las emisiones en el ambiente intradomiciliario. Por otro lado, la Figura 14 muestra que las emisiones (concentraciones) obtenidas en el ambiente para las cocinas con chimenea son muy similares, lo que indica que la mayoría de las mismas son extraídas por el sistema de cámara de combustión y chimenea.

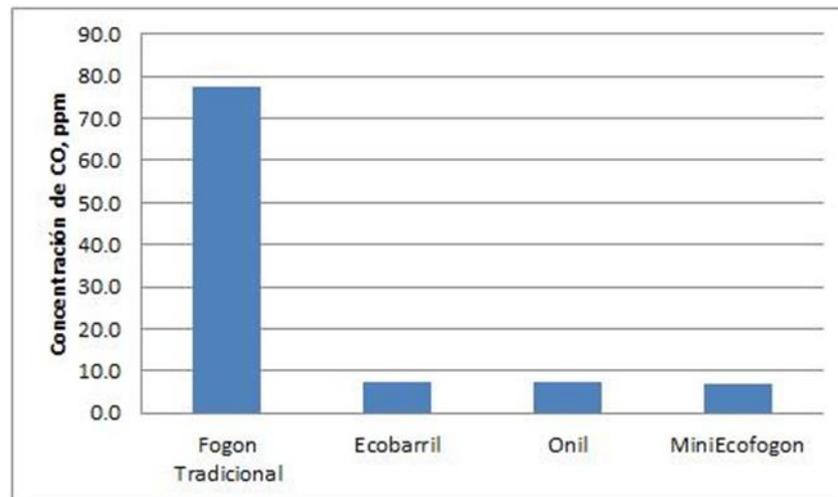


Figura 14 – Concentraciones de CO en ppm para las pruebas de cocinas mejoradas y fogon tradicional.

Por otro lado, la Figura 15 muestra los resultados obtenidos para las concentraciones de material particulado, PM-2.5. Existe una correlación clara entre los valores de PM-2.5 y CO para las cocinas evaluadas. Aquellas que presentan baja emisión de CO también presentan valores bajos de material particulado como era de esperarse.

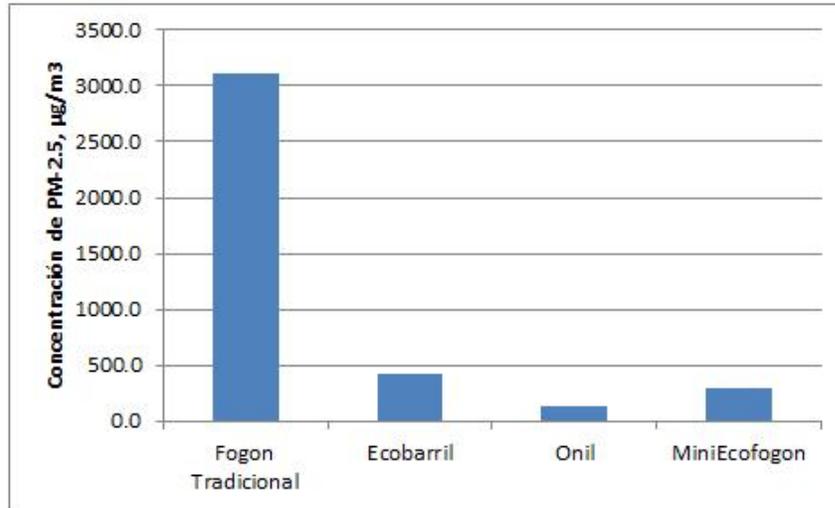


Figura 15 - Concentraciones de PM-2.5 en µg/m³ para las pruebas de cocinas mejoradas y fogón tradicional.

Como se explica en la sección (Indicadores y estándares para evaluación de cocinas), el indicador que se maneja para evaluar cocinas mejoradas respecto del fogón tradicional se basa en la reducción relativa,

$$\text{Reducción relativa} = \frac{\text{Concentración con F. tradicional} - \text{Concentración con C. mejorada}}{\text{Concentración con fogon tradicional}} * 100\%$$

La Figura 16 muestra el comportamiento de la reducción relativa de las tres cocinas mejoradas evaluadas respecto del fogón tradicional en base a la última ecuación. El rango de reducción para el CO es mayor al 90% en los tres casos y respecto al material particulado mayor al 85%. Dado que las tres cocinas mejoradas operan con chimeneas, esta reducción relativa está dentro de los rangos esperados.

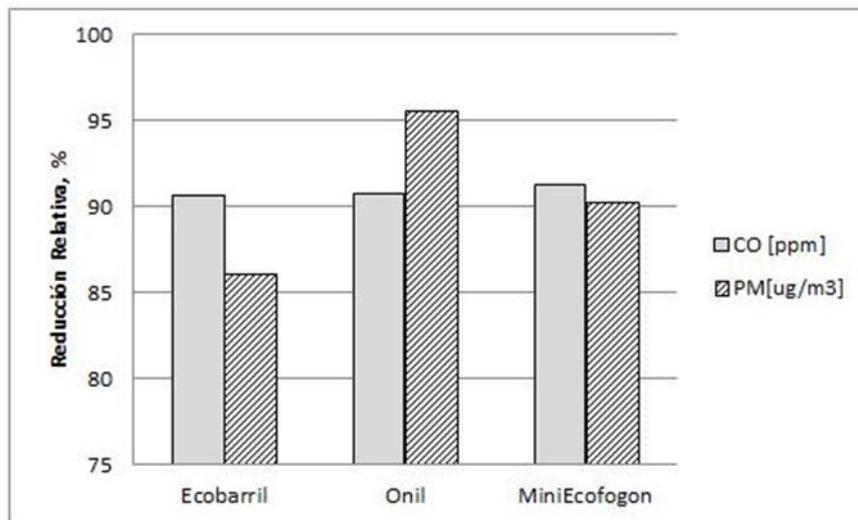


Figura 16 – Reducción Relativa de CO y PM-2.5 respecto al fogón tradicional.

13.4 Resultados de Seguridad.

La evaluación de seguridad cuenta con un solo tipo de protocolo que ha sido difundido extensamente a nivel mundial. La Norma Boliviana NB 83001 incluye el sistema de evaluación utilizado por este protocolo con base en un valor máximo de 100 puntos.

El sistema de puntaje se puede ver en el siguiente cuadro. Se puede realizar una clasificación del nivel alcanzado por la cocina mejorada (ver Tabla 4) y además se puede definir el rango para el cual la cocina es aprobada como se muestra en la Tabla 5.

Rango global	Suma total (S)
Mejor	$93 \leq S \leq 100$
Bueno	$84 \leq S \leq 92$
Regular	$76 \leq S \leq 83$
Malo	$25 \leq S \leq 75$

Tabla 5 – Niveles de clasificación de resultados de seguridad para cocinas mejoradas. Fuente: NB 83001.

Nivel de seguridad obtenido en la prueba	Valor mínimo de aceptabilidad	Evaluación de conformidad
(Valor total obtenido S)	84 < S < 100	SI / NO

Tabla 4 – Rango de evaluación de conformidad de la NB 83001.

En el caso de la evaluación de seguridad este adopta directamente este sistema de conformidad, por lo que resta definir el Valor Mínimo de Aceptabilidad que por lo mostrado en la Tabla 5, debe tener un puntaje mayor a 84 para que la cocina sea considerada “buena” en términos de seguridad.

Para el presente estudio se ha realizado un ensayo del protocolo de seguridad para la cocina Mini Eco fogón. La Tabla 3 detalla los factores de peso que se aplican a un conjunto de 10 pruebas que se realizan sobre la cocina (Bordes y zonas agudas hasta llamas y/o combustibles que salen de la cámara de combustión establecidas en la norma) y que se detallan en la Tabla 24. La suma total (S) define el valor de evaluación el cual se clasifica de acuerdo a la Tabla 4 y Tabla 5.

La columna de Anexos en la Tabla 24 se refiere al anexo en el cual se encuentra descrito el protocolo de evaluación y corresponde respectivamente a la numeración de la Tabla 6 (el anexo B corresponde a la prueba Bordes y zonas agudas y así en sucesión).

Prueba	Valor obtenido	Factor	Total
10.1		x 1,5	
10.2		x 3	
10.3		x 2,5	
10.4		x 2	
10.5		x 2	
10.6		x 2,5	
10.7		x 2	
10.8		x 2,5	
10.9		x 3	
10.10		x 4	
Suma total			

Tabla 3 – Factores de peso asignados a cada prueba de seguridad. Fuente: NB 83001.

Anexo	Descripcion	Valor	Factor	Total
B	Bordes y zonas agudas	3	1.5	4.5
C	Inclinacion de la cocina	1	3	3
D	Probabilidad de expulsion de combustible ardiente	3	2.5	7.5
E	Obstrucciones cercanas a la superficie de la cocina	2	2	4
F	Temperatura de la superficie de la cocina	1	2	2
G	Transmision de calor a los alrededores	4	2.5	10
H	Temperatura de los elementos de operacion de la cocina	1	2	2
J	Aislamiento termico de la chimenea	4	2.5	10
K	Llamas circundantes a la olla	4	3	12
L	Llamas y/o combustible que salen de la camara de combustion	4	4	16

S = 71

Tabla 24 – Descripción de las pruebas de seguridad y puntaje obtenido en la cocina mejorada Mini Eco fogón.

El valor obtenido por la cocina evaluada es de $S = 71$. De acuerdo a la Tabla 4, este valor asigna a la cocina un rango de Malo y de acuerdo a la Tabla 5, la evaluación de conformidad es negativa. Como puede verse en este ejemplo aplicado a una cocina mejorada en Nicaragua, el factor de seguridad es un término importante a considerar en el desarrollo y fabricación de las cocinas; no solamente el factor de eficiencia energética y emisiones determinan la aprobación de una cocina en su evaluación.

XIV. Propuesta de estándares

En base a los valores obtenidos en las diferentes pruebas realizadas y complementando estos con algunos resultados de otros estudios realizados, es posible ahora proponer una serie de valores de referencia iniciales en apoyo a los estándares de evaluación de cocinas mejoradas en Nicaragua que sean incorporados en la Propuesta de Norma Técnica a desarrollar.

14.1 Propuesta de rendimiento energético.

a) Valor de Referencia de Consumo Energético (Energy Benchmark)

La Norma Boliviana NB 83001 introduce un valor de referencia donde el consumo energético de la cocina debe ser menor a 20,000 kJ/5L. En el caso del Perú el Reglamento vigente asume un valor menor a 30,000 kJ/5L.

Según estos valores, la cocina Onil obtiene un valor promedio de 28,302 kJ/5L y la cocina Mini Eco fogón (modelo mixto con plancha) obtiene un valor de 69,983 kJ/5L. Si comparamos con los datos anteriores de Bolivia y Perú, solo la cocina Onil tiene un valor entre 20,000 y 30,000 kJ. La cocina Mini Eco fogón tiene un valor 3.5 veces mayor al estándar de la NB 83001. La cocina Eco barril se debe tomar como referencia para modelos que no son domésticos sino comerciales con un valor de 116,669 kJ lo que claramente muestra un consumo elevado de energía por cada 5L de agua.

Respecto a un estudio realizado anteriormente en Nicaragua (2013) por el señor J. González de la Universidad Politécnica de Valencia, la cocina Onil tiene un valor promedio de 24,993 kJ el cual es 11.7 % menor al obtenido en las pruebas del laboratorio de la UNI lo que permite asumir un valor similar dentro de la variabilidad esperada en el WBT. Por el contrario la Mini Eco fogón obtiene un valor de 21,217 kJ el cual es mucho menor al obtenido de 69,983 kJ.

Por otro lado, es posible calcular un promedio de cocinas sin chimenea (3 modelos) que es de 29,593 kJ mientras que las cocinas con chimenea dan un valor de 24,013 kJ (9 modelos). La diferencia es muy baja para concluir que existe un efecto apreciable entre estos tipos de cocinas, sin embargo esto debe ser verificado mediante mayor cantidad de pruebas.

Con estos antecedentes, es posible recomendar un estándar inicial para **cocinas mejoradas con una o dos ollas** de 30,000 kJ/5L. Para **cocinas tipos plancha o mixtas** podemos asumir un estándar inicial de 70,000 kJ/5L, siempre que sean de uso doméstico. En el caso de **cocinas de uso comercial con olla** (tipo eco barril) es posible adoptar un valor de referencia de 120,000 kJ/5L.

b) Valor de Referencia para Tiempo de Hervor con Arranque en Frío (Cold Star).

La Norma Boliviana NB 83001 introduce un valor de referencia donde el tiempo de hervor de la primera olla debe ser menor a 30 min durante la etapa en frío del WBT. En el caso del Perú el Reglamento vigente asume un valor máximo de 35 min para las mismas condiciones.

Durante las pruebas realizadas, se obtuvieron los siguientes valores para los tiempos de ebullición que también se muestran en la Figura 12.

Cocina	Tiempo de Hervor
Fogon Tradicional	32.0
Onil	58.4
Ecobarril	31.3
Mini Ecofogon	39.1

Tabla 25 – Tiempos de ebullición de la primera olla en el inicio en frío.

El tiempo de ebullición de la cocina Onil es de casi una hora de duración y respecto a las normas boliviana y peruana está lejos de cumplir el tiempo de menos de 30-35 minutos. Por otro lado la cocina Mini Eco fogón presenta un tiempo más corto de 39.1 minutos. Del mismo modo que el anterior caso del *benchamrk* de consumo de energía, la cocina Eco barril solo puede ser tomada de referencia para modelos de uso comercial con 31.3 minutos.

La Tabla 26 muestra los datos obtenidos del trabajo de J. González. Las cocinas sin chimenea tienen un promedio de 48.2 min sin contar el fogón tradicional.

Cocina	Tiempo de Hervor
Fogon Tradicional	39.7
Apoyo	46.7
Crucita sencilla	42.7
Emelda	55.3
Mi Fogon un quemador	43.3
Mi Fogon dos quemadores	57.0
Ceta modificada	33.7
Crucita hornilla	40.0
Inkawasi	52.0
Joco Justa	46.3
Lorena	38.7
Mini Ecofogon	51.3
Onil	55.7

Tabla 26 - Tiempos de hervor de fase fría de Estudio Comparativo de Cocinas. Fuente: Datos de J. Gonzáles.

Las cocinas con chimenea presentan un valor promedio de 46.4 minutos. Como se puede ver, el valor de la cocina Onil (55.7 min) se asemeja al tiempo de hervor de las pruebas realizadas en el laboratorio de la UNI (58.4 min), aunque la cocina Mini Eco fogón presenta un valor más alto, de 51.3 min frente a 39.1 min. El promedio global de todas las cocinas en este estudio es de 46.9 min.

Por otro lado, ninguna cocina presenta un tiempo de hervor menor a 30 minutos solo un modelo tiene un tiempo de hervor entre 30 y 35 minutos, por lo que estos estándares que se manejan en Bolivia y Perú no parecen ser los más adecuados. En este sentido, se propone un estándar inicial para el **tiempo de hervor** de 60 minutos como tiempo máximo de hervor de la primera olla en arranque en frío. Este valor debe ser respaldado con mayor cantidad de pruebas

c) Valor de Referencia para Reducción de Emisiones para CO y PM-2.5

Como se explicó anteriormente, las condiciones de ventilación del ambiente de pruebas tiene una influencia importante en los valores de reducción de concentraciones medido tanto para CO como para material particulado. La norma boliviana y peruana exige una reducción del 85% respecto al fogón tradicional. Ninguna de las cocinas cumple este estándar para PM-2.5. Esto no se debe a la

exigencia del estándar (como el caso del tiempo de hervor) sino a las condiciones del ambiente de pruebas con una ventilación no controlada.

	Ecobarril	Onil	MiniEcofogon
CO [ppm]	90.7	90.7	91.2
PM[ug/m3]	86.1	95.6	90.3

Tabla 27 – Porcentajes de reducción de cocinas mejoradas. Pruebas en laboratorio con tasa de ventilación constante.

La Tabla 27 muestra los porcentajes de reducción de las pruebas realizadas en el ambiente de pruebas de la UNI que cuenta con ventilación controlada. Los tres modelos cumplen con la reducción del 85% tanto para CO como para PM-2.5, lo que demuestra la importancia de controlar la ventilación durante las pruebas.

Con estos antecedentes, se recomienda un estándar inicial para **reducción de emisiones de CO y PM-2.5** mayor al 85%. Una cantidad mayor de pruebas permitirá refinar este valor.

d) Valor de Referencia para Seguridad

La evaluación de seguridad maneja un estándar internacional que se ha adoptado en la norma NB 83001 de Bolivia y el Reglamento para la Evaluación y Certificación de la Cocina Mejorada vigente en Perú. Los valores de referencia se muestran en la Tabla 4 y la Tabla 5. En este caso se adoptan el valor de la norma boliviana con un valor mínimo de aceptabilidad del valor de la suma total S mayor a 84 puntos.

Durante las pruebas en el laboratorio de la UNI se ha realizado una sola evaluación de seguridad donde la cocina alcanzó un puntaje de 71. Esto muestra que el factor de seguridad deber ser aún mejorado para los modelos de cocinas comúnmente utilizados en Nicaragua y que **la evaluación de seguridad puede generar una no conformidad en la certificación de las cocinas mejoradas a pesar de su rendimiento energético.**

XV. INFORME FINAL DE ACTIVIDADES, LOGROS Y RECOMENDACIONES.

15.1 Resumen de las actividades realizadas.

En la Tabla 28 se detallan las actividades de evaluación de las cocinas mejoradas realizadas durante el desarrollo de la consultoría. Las pruebas se han priorizado de acuerdo al tiempo disponible y la cantidad de cocinas a evaluar donde se ha tratado de obtener la mayor cantidad de datos del Fogón Tradicional ya que este sirve de base para analizar en especial la reducción de emisiones.

Adicionalmente se han realizado pruebas del WBT tanto en el ambiente interior del laboratorio instalado como en el ambiente exterior no habiéndose encontrado diferencias significativas de acuerdo al análisis de datos mostrado en la Sección de análisis de valores anómalos. Las pruebas se han diseñado de modo que cada uno de los tres modelos de cocinas evaluadas se pruebe tanto en el ambiente interior como exterior. Existe una sola prueba (26-Nov, Onil) que no se llegó a completar dado que fue una prueba del fabricante.

Fecha	Cocina	Observaciones	# prueba	Prueba		Planilla	Temperatura	Datos		
				WBT + Emisiones	WBT exterior			IAP 5039	IAP 5042	Aeroqual
18-nov	Onil		1	x		x	x	2014_11_18_095739	2014_11_18_095820	x
19-nov	Fogon Tradicional		1	x		x	x	2014_11_19_092316	2014_11_19_092354	x
20-nov	Onil		2	x		x	x	2014_11_20_090707	2014_11_20_090741	x
20-nov	Ecoba rril		1		x	x				
20-nov	Onil		3	x		x	x	2014_11_20_143531	2014_11_20_143607	x
21-nov	Onil		4		x	x				
21-nov	Ecoba rril		2	x		x	x	2014_11_21_131634		x
24-nov	Mini Ecofogon	olla+mylar	1	x		x	x	2014_11_24_092016		
24-nov	Ecoba rril		3		x	x				
24-nov	Fogon Tradicional		2	x		x	x	2014_11_24_141231		
24-nov	Onil		5		x	x				
25-nov	Fogon Tradicional		3	x		x	x	2014_11_25_081953		
25-nov	Mini Ecofogon	solo olla	2		x	x				
25-nov	Ecoba rril		4	x		x	x	2014_11_25_131217		
26-nov	Fogon Tradicional		4	x		x	x	2014_11_26_081335		
26-nov	Onil		6		x					
26-nov	Mini Ecofogon	solo olla	3	x		x	x	2014_11_26_123643		
26-nov	Ecoba rril		5		x	x				
26-nov	Mini Ecofogon	olla+molde	4	x		x	x	2014_11_26_152454		
27-nov	Fogon Tradicional		5	x		x	x	2014_11_27_123736		
27-nov	Ecoba rril		6		x	x				
27-nov	Mini Ecofogon	olla+molde	5	x		x	x	2014_11_27_153020		
28-nov	Mini Ecofogon	olla+molde	6		x	x				
28-nov	Fogon Tradicional		6	x		x	x	2014_11_28_083135		
28-nov	Onil		7		x	x				
28-nov	Mini Ecofogon		7	x		x	x	2014_11_28_121831		
28-nov	Ecoba rril		7	x		x	x	2014_11_28_144348		

Tabla 28 – Detalle de las actividades de evaluación de las cocinas mejoradas.

La columna denominada “Planilla” indica que se ha completado la toma de datos de las planillas de cada prueba de WBT (ver Anexo 2). La columna “Temperatura” indica las pruebas donde se ha utilizado el sistema de adquisición de datos para la temperatura del agua de la(s) olla(s) y de la chimenea, esto coincide con las pruebas de WBT en interior.

Las columnas del IAP 5093 e IAP 5042 corresponden a los archivos de los datos de concentración de CO y PM-2.5 obtenidos durante las pruebas. El equipo IAP 5042 y el equipo Aeroqual sufrieron desperfectos durante las pruebas por lo que no se obtuvieron datos posteriormente, sin embargo los datos obtenidos por el IAP 5039 fueron suficientes para el análisis

Día 1 – 17 – Nov.

Durante el primer día de la consultoría se realizaron las últimas adecuaciones al ambiente de pruebas facilitado por la UNI, en especial la instalación de salidas para chimeneas así como la instalación y configuración del equipamiento. Adicionalmente se realizó una reunión de apertura donde se explicaron los alcances del trabajo y se presentó al grupo de personas participantes en dicho estudio y capacitación.



Día 2 – 18 Nov

El segundo día se realizó el arranque de las pruebas y la capacitación del personal. Este día se procedió a la evaluación de la cocina Onill, considerando que el personal tuvo que conocer el protocolo del WBT y sus diferentes fases de trabajo, se evaluó solo esta cocina. Adicionalmente se trabajó en la preparación de la leña y la verificación del funcionamiento del sistema de adquisición de datos de temperatura.

Día 3 – 19 Nov

El tercer día se realizaron las pruebas para la cocina tradicional, armando el sistema básico de “tres piedras” donde se pudo practicar la operación del fogón y las necesidades de leña y ventilación requeridas. También se analizó la influencia de la humedad de la leña en la operación del fogón. Se pudo comprobar la importancia de controlar la ventilación del ambiente de pruebas con la finalidad de obtener datos representativos de las emisiones intradomiciliarias. Este día se evaluó la cocina Eco barril en ambiente exterior.

Día 4 – 20 Nov

A partir del cuarto día se pudo incrementar el número de cocinas evaluadas y el número de pruebas dado que el personal ya se encontraba más capacitado en el procedimiento del WBT. En este caso se evaluaron las cocinas Ecobarril y Onill. Este día se realizó la prueba de la cocina Onill en ambiente exterior para identificar influencias respecto a su operación en ambiente cerrado.

Día 5 – 21 Nov

En este día se realizaron dos pruebas: Onill y Eco barril. Se debe tener en cuenta que para contar con datos válidos de cada cocina se deben contar con por lo menos tres pruebas controladas es por eso que se hace necesario repetir las pruebas constantemente.

Día 6 al 10 (24 – 28 Nov)

A partir del día 6 (segunda semana de trabajo) se han realizado las pruebas intensivamente con un promedio de cuatro cocinas por día dado que el personal ya se encontraba capacitado en su totalidad. Dependiendo de la disponibilidad de personas algunos días se incrementó el número de evaluaciones. Durante las pruebas se evaluaron las cocinas tanto en el ambiente interior como exterior con

la finalidad de detectar alguna influencia apreciable en el rendimiento. A partir del día 6 el trabajo de consultoría estuvo coordinado por la Ing. Tania Franck.

El día viernes 21 se realizó una reunión intermedia para explicar los avances del trabajo y los logros obtenidos además de coordinar con personal de la UNI para los trabajos pendientes. El día 28 Noviembre se realizó una reunión de cierre donde se complementó la información con los Alcances obtenidos del trabajo de evaluación y las principales recomendaciones para el desarrollo futuro del laboratorio.

Durante las dos semanas de pruebas, se contó con presencia de personal de la UNI (4 personas), personal de la cooperación (GIZ, FOCAEP – 2 personas) y una persona del MEM. Todo el personal que participó de las pruebas ha sido capacitado en las mismas, dado que apoyó constantemente la realización de las evaluaciones.

15.2 Conclusiones.

Decir que existe una cocina mala y una mejor sería una afirmación equivocada que no iría de acuerdo a los resultados obtenidos en este trabajo. Según los resultados de las pruebas hemos observado que, en cuanto a eficiencia, todas las cocinas se comportan de una manera bastante similar y que hay determinados puntos positivos para cada una de ellas a como otros en los que no tanto, esto podrían en parte estar condicionados por factores como manejo, temperatura ambiente, condiciones climáticas e incluso el diseño mismo de ellas es un factor de ventaja en determinados aspectos.

El segundo aspecto a considerar es la contaminación intradomiciliar dado que esta está ligada a la salud de las personas y un objetivo de las cocinas mejoradas es la protección de esta a través de sus diseños por tanto cabe destacar que de acuerdo a los resultados obtenidos en este estudio, estas si presentan alta reducción considerable en comparación al denominado fogón tradicional quedando demostrado que si contribuyen a ayudar al cuidado de la salud gracias a sus diseños y chimeneas.

Como tercer y último aspecto a tomar en cuenta fue la seguridad en donde encontramos que el diseño de estas cocinas debe de tomar en cuenta este factor que los fabricantes actualmente no son conscientes de los posibles peligros que se puede estar expuesto ante algún incidente ya sea por fallas o por una mala manipulación.

La frase de “cualquier cocina es mejor que un fogón abierto” no es cierta, y como hemos observado en este estudio, las cocinas pueden tener algunas de sus características similares que un fogón abierto. Como también la bibliografía internacional señala, se han dado experiencias en las cuales un fuego abierto bien preparado y manejado puede tener eficiencias similares a la de una buena cocina mejorada. Bajo estos aspectos y según palabras de los expertos Dr. Grant Ballard-Tremeer y Dr. Kirk Smith “Un fogón a tres piedras puede ser más eficiente y emitir menos emisiones que algunas cocinas ‘mejoradas’”. Sin embargo por regla general la preparación de un fogón de tres piedras y su manejo suele hacerse de manera rudimentaria, en consecuencia, tiene un alto consumo de combustible y altas emisiones de partículas nocivas. En definitiva una cocina mejorada moderna, bien diseñada y manejada, ahorra más combustible y emite menos emisiones que el mejor manejo de los fogones de tres piedras.

Desde un punto de vista técnico la cocina ideal sería aquella que tuviera la mejor eficiencia posible a la hora de calentar la olla y, a la vez, consiguiera disminuir y/o evacuar la mayor cantidad de emisiones nocivas posible. Es por ello que se ideó el ratio eficiencia/emisiones en este estudio, gracias al cual se puede observar más claramente qué cocinas tienen un mejor equilibrio entre reducción de emisiones y eficiencia. Se ha observado que aquellas cocinas en las que la llama incide más directamente sobre la olla, poseen una mayor eficiencia, pero por lo general, también un incremento en las emisiones. Esto se puede deber, entre otros factores, al hecho de que no se da tiempo que los gases se mesclen debidamente en la cámara y realizar así una combustión completa de los mismos. También cabe destacar que una cocina con chimenea no siempre implica una reducción de las emisiones nocivas. La regulación del poder de succión de la chimenea afectará tanto a la

eficiencia como a la capacidad de evacuar las emisiones nocivas. Se debe procurar un equilibrio en el que se obtenga la mejor eficiencia con las menores emisiones nocivas posibles.

La mejor cocina del mundo no es la cocina ideal para todo el mundo: Se han visto casos en los que una cocina que presenta unos valores técnicos envidiables y una excelente calidad visual fracasa al intentar implantarla en campo. Hay muchos más factores a tener en cuenta que los puramente técnicos. Así mismo se ha detectado que el humo se convierte en un factor determinante a la hora de migrar a una cocina mejorada sólo si el usuario o su familia tienen afecciones pulmonares u oculares. El ahorro de consumo de combustible, normalmente se considera más en aquellos lugares donde la leña es comprada. Sin embargo, la rapidez en la cocción, la versatilidad para cocinar varios tipos de alimentos, la durabilidad y el precio, son factores con gran peso en la intención final de adquirir una cocina mejorada por parte del usuario. Si se quiere que la implementación de cocinas mejoradas sea eficaz no se ha de buscar solamente la mejor cocina mejorada técnicamente hablando. Es preciso considerar también factores socio-culturales y las condiciones medioambientales con el fin de adecuar la cocina a su contexto.

Para finalizar aclaramos que todas las cocinas fueron evaluadas bajo los mismos métodos, de forma comparativa vs el fogón tradicional en cuanto a consumo de combustible, tiempo de hervor de agua y contaminación intradomiciliar a fin de determinar los estándares numéricos que serán los parámetros base de la creación de la norma técnica Nicaragüense.

Cumpliendo así cada uno de los objetivos planteados, dando como resultados los datos presentados en esta tesis que servirán como una línea base de parámetros de eficiencia energética y seguridad de las cocinas mejoradas en Nicaragua y la futura implementación de normas en este campo.

15.3 Recomendaciones.

Al realizar este tipo de estudio se deben seguir las siguientes recomendaciones:

- Utilizar todos los equipos de seguridad personal necesarios, tales como: guantes, mascarillas, protector de botas etc...
- Mantener el equipo de ventilación en funcionamiento desde principio a fin de las pruebas.
- Contar con equipo para extinción de incendios.
- Mantener el área de trabajo despejada en caso de emergencia en el momento de realizar las pruebas.
- Manipular con extremo cuidado los residuos de combustible a en el momento de su pesaje.
- Delimitar un lugar específico para desechar los restos de combustible al concluir las pruebas.
- Dejar enfriar la cocina evaluada en forma natural sin utilizar agua u otro líquido.
- Siempre instalar las chimeneas con su respectivo protector para evitar el contacto directo con ella.
- Sujetar las chimeneas a las paredes evitando su caída al piso o sobre un operario.

Bibliografía.

Aprovecho Research Center, Shell Foundation, & US EPA (Eds.). (2011). Test Results of Cook Stove Performance. Retrieved from <http://www.pciaonline.org/resources/test-results-cook-stove-performance>

Bautista, J. (2009). Cocinas seguras: Cocinando sanamente con fogones mejorados. (Soluciones Prácticas, Ed.). Retrieved from [http://www.cocinasmejoradasperu.org.pe/documentacion/Manual I CM TDG.pdf](http://www.cocinasmejoradasperu.org.pe/documentacion/Manual%20I%20CM%20TDG.pdf)

Díaz Jiménez, R. (OLADE). (2010). Asistencia Técnica sobre Lecciones Aprendidas y Recomendaciones para el Desarrollo de proyectos de estufas en Guatemala, El Salvador, Honduras, Nicaragua y Panamá. (Organización Latino-Americana de Energía, Ed.).

Household Energy and Health Programme, S. F. (n.d.). The Water Boiling Test (WBT) v.4.2.3 with appendices.

Humboldt, C. (2010). Impacto social, económico y ambiental de los eco fogones en la zona seca de Nicaragua 2010.

Monteiro do Prado Valladares, G., & Ernesto Africano, S. (2007). Prueba del Funcionamiento de Estufas Tegucigalpa. Honduras y Managua, Nicaragua 2007. Retrieved from <http://www.ahdesa.hn/wp-content/uploads/2011/05/informe-de-consumo-de-lena-honduras-y-nicaragua.pdf>

De Agua (WBT) hoja de calculo v.3.2.3. The Water Boiling Test (v.4.2.3). (2009). Updated Water Boiling Test (WBT). (n.d.).

Sitios de interés.

Global Alliance for Clean Cookstoves:

www.cleancookstoves.org

Aprovecho Research Center:

www.aprovecho.org

The Partnership for Clean Indoor Air:

www.pciaonline.org

Plataforma SIMERNIC en la página web de Renovables:

www.renovables.org.ni

Proleña:

www.prolenaecofogon.com

Programa de Pequeñas Donaciones de Nicaragua (PPD)

www.ppd.org.ni

Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo de Nicaragua (PNUD)

www.undp.org.ni

XVI

ANEXOS

Anexos 1- Análisis de datos atípicos – Test de grubbs.

Fogón tradicional.

COLD START																		
			G tab			G tab			Gtab			Gtab			Gtab			Gtab
N°	Tiempo de hervor olla 1	Z	1.887	Velocidad de combustión	Z	1.887	Eficiencia térmica	Z	1.887	Consumo específico de combustible	Z	1.887	Consumo específico de energía (corregido)	Z	1.887	Potencia	Z	1.887
1	23	1.07	A	46	1.17	A	8%	0.41	A	221	0.43	A	5,058	0.46	A	16,483	1.17	A
2	32	0.00	A	31	0.71	A	9%	0.88	A	205	0.89	A	4,754	0.86	A	10,913	0.71	A
3	34	0.24	A	31	0.65	A	9%	1.03	A	224	0.35	A	5,184	0.30	A	11,096	0.65	A
4	37	0.59	A	38	0.13	A	7%	1.72	A	300	1.79	A	6,818	1.81	A	13,410	0.13	A
5	44	1.43	A	27	1.13	A	9%	0.04	A	255	0.52	A	5,794	0.49	A	9,674	1.13	A
6	22	1.19	A	47	1.19	A	9%	0.19	A	213	0.65	A	4,891	0.68	A	16,566	1.19	A
Promedio	32.00			36.58			0.085			236.25			5,416.59			13,024		
S	8.41			8.34			0.006			35.54			775.02			2968.47		

HOT START																		
			G tab			G tab			Gtab			Gtab			Gtab			Gtab
N°	Tiempo de hervor olla 1	Z	1.887	Velocidad de combustión	Z	1.887	Eficiencia térmica	Z	1.887	Consumo específico de combustible	Z	1.887	Consumo específico de energía (corregido)	Z	1.887	Potencia	Z	1.887
1	29	0.12	A	43	0.30	A	7%	0.45	A	260	0.25	A	6,093	0.30	A	15,300	0.30	A
2	32	0.59	A	33	0.35	A	8%	0.28	A	220	0.19	A	5,095	0.18	A	11,664	0.35	A
3	33	0.83	A	38	0.01	A	7%	0.39	A	266	0.31	A	6,174	0.34	A	13,659	0.01	A
4	25	1.06	A	12	1.63	A	28%	2.03	R	65	1.90	R	1,516	1.92	R	4,433	1.63	A
5	34	1.06	A	42	0.24	A	7%	0.39	A	307	0.77	A	7,016	0.75	A	14,958	0.24	A
6	24	1.30	A	61	1.44	A	6%	0.52	A	308	0.77	A	6,950	0.72	A	21,736	1.44	A
Promedio	29.50			38.27			0.108			237.75			5,473.83			13,625		
S	4.23			15.83			0.084			90.78			2060.94			5634.20		

BENCHMARK						
			G tab		G tab	
N°	Benchmark Uso de combustible	Z	1.887	Eficiencia Térmica alta potencia	Z	1.887
1	3,348	0.22	A	7.6%	0.47	A
2	3,749	0.86	A	8.8%	0.21	A
3	3,002	1.15	A	8.3%	0.31	A
4	3,071	0.96	A	17.6%	1.88	A
5	3,451	0.06	A	8.0%	0.38	A
6	3,948	1.40	A	7.5%	0.50	A
Promedio	3427.94			9.63%		
S	371.33			0.04		

Eco barril.

COLD START																		
N°	Tiempo de hervor olla 1	G tab		Velocidad de combustión	G tab		Eficiencia térmica	G tab		Consumo específico de combustible	G tab		Consumo específico de energía (corregido)	G tab		Potencia	G tab	
		Z	1.887		Z	1.887		Z	1.887		Z	1.887		Z	1.887		Z	1.887
1	40	1.43	A	36	1.05	A	10%	0.32	A	327	0.12	A	7,448	0.08	A	12,775	1.05	A
2	28	0.91	A	42	0.35	A	10%	0.39	A	257	1.76	A	5,934	1.75	A	14,968	0.35	A
3	27	1.10	A	59	1.52	A	8%	0.84	A	344	0.56	A	7,542	0.20	A	20,842	1.52	A
4	31	0.32	A	52	0.80	A	8%	0.86	A	360	0.98	A	8,233	1.03	A	18,567	0.80	A
5	32	0.13	A	45	0.00	A	11%	1.68	A	345	0.60	A	8,057	0.82	A	16,070	0.00	A
6	38	1.04	A	37	0.92	A	8%	0.69	A	304	0.51	A	7,053	0.39	A	13,169	0.92	A
Promedio	33			45.13			0.091			322.84			7,377.74			16,065		
S	5.13			8.84			0.012			37.46			826.18			3146.21		

HOT START																		
N°	Tiempo de hervor olla 1	G tab		Velocidad de combustión	G tab		Eficiencia térmica	G tab		Consumo específico de combustible	G tab		Consumo específico de energía (corregido)	G tab		Potencia	G tab	
		Z	1.887		Z	1.887		Z	1.887		Z	1.887		Z	1.887		Z	1.887
1	22	1.22	A	51	0.53	A	11%	0.43	A	246	1.77	A	5,575	1.73	A	18,146	0.53	A
2	20	0.68	A	46	1.02	A	13%	1.77	A	201	0.07	A	4,663	0.10	A	16,339	1.02	A
3	13	1.22	A	66	0.98	A	11%	0.21	A	177	1.06	A	4,261	0.90	A	23,666	0.98	A
4	16	0.41	A	64	0.71	A	10%	1.11	A	213	0.41	A	4,981	0.54	A	22,679	0.71	A
5	14	0.95	A	66	0.98	A	11%	0.46	A	193	0.42	A	4,480	0.47	A	23,669	0.98	A
6	20	0.68	A	45	1.12	A	12%	0.43	A	188	0.63	A	4,309	0.81	A	15,950	1.12	A
Promedio	17.50			56.39			0.111			203.24			4,711.41			20,075		
S	3.67			10.30			0.010			24.37			497.77			3668.57		

BENCHMARK						
N°	Benchmark Uso de combustible	G tab		Eficiencia Térmica alta potencia	G tab	
		Z	1.887		Z	1.887
1	3,816	1.08	A	10.12%	0.01	A
2	4,959	0.39	A	11.23%	1.19	A
3	6,341	0.45	A	9.51%	0.68	A
4	8,530	1.77	A	9.06%	1.16	A
5	5,245	0.22	A	10.94%	0.89	A
6	4,723	0.53	A	9.92%	0.23	A
Promedio	5602.46			10.13%		
S	1650.48			0.01		

Mini eco fogón.

COLD START																			
			G tab			G tab			Gtab			Gtab			Gtab				
				Velocidad de					Consumo específico de			Consumo específico de energía (corregido)							
1		52	1.71	A	22	1.34	A	15%	1.05	A	131	1.92	A	2,985	1.96	A	7,913	1.34	A
2			1.22	A		0.89	A		1.83	A		0.90	A		0.87	A		0.89	A
3		30	0.78	A	34	0.63	A	7%	0.42	A	204	0.17	A	4,721	0.12	A	12,153	0.63	A
4			0.55	A		1.48	A		0.34	A		0.54	A		0.49	A		1.48	A
5		45	0.02	A	26	0.78	A	13%	0.70	A	176	0.51	A	4,111	0.48	A	9,265	0.78	A
6			0.82	A		0.07	A		0.85	A		0.92	A		0.92	A		0.07	A
7		35	0.11	A	37	0.45	A	13%	0.17	A	195	0.24	A	4,486	0.28	A	13,285	0.45	A
Promedio	39.14				29.38			0.120			180.65			4,187.52			10,460		
S	7.52				5.35			0.029			25.82			614.23			1903.16		

HOT START																			
			G tab			G tab			Gtab			Gtab			Gtab				
				Velocidad de					Consumo específico de			Consumo específico de energía (corregido)							
1		30	2.07	R	30	0.92	A	18%	0.42	A	98	0.95	A	2,533	0.73	A	10,829	0.92	A
2			0.40	A		0.30	A		0.91	A		0.54	A		0.39	A		0.30	A
3		22	0.22	A	35	0.52	A	11%	0.06	A	158	0.26	A	3,592	0.21	A	12,504	0.52	A
4			0.70	A		0.14	A		0.33	A		0.66	A		0.71	A		0.14	A
5		24	0.09	A	41	1.43	A	16%	1.77	A	146	1.15	A	3,421	1.20	A	14,719	1.43	A
6			1.01	A		1.40	A		1.31	A		1.71	A		1.81	A		1.40	A
7		21	0.09	A	36	0.88	A	18%	0.22	A	109	0.26	A	2,547	0.23	A	12,949	0.88	A
Promedio	23.29				37.43			0.162			136.00			3,224.00			13,324		
S	3.25				7.58			0.055			40.17			951.70			2700.25		

BENCHMARK						
			G tab		G tab	
	Benchmark			Eficiencia Térmica alta potencia		
1	1,638	1.08	A	16.8%	0.62	A
2		0.61	A		1.20	A
3	4,206	0.77	A	8.9%	0.11	A
4		0.49	A		0.32	A
5	2,097	0.18	A	14.6%	1.35	A
6		1.90	A		1.12	A
7	2,522	0.01	A	15.5%	0.08	A
Promedio	3276.34			14.11%		
S	1523.48			0.04		

Onil.

COLD START														
			G tab			G tab			Gtab			Gtab		Gtab
				Velocidad de					Consumo específico de			Consumo específico de energía (corregido)		
1		81	1.19	A	19	1.03	A	13%	1.04	A	183	0.78	A	4,165
2			0.18	A		0.58	A		0.06	A		0.04	A	0.76
3		55	0.71	A	26	1.13	A	14%	1.12	A	162	0.50	A	3,692
4			0.98	A		0.91	A		0.77	A		1.25	A	0.51
5		72	0.23	A	19	0.42	A	13%	1.08	A	175	0.09	A	4,009
6			1.34	A		1.31	A		1.13	A		1.51	A	1.23
7		77	1.13	A	20	0.77	A	13%	0.78	A	196	1.14	A	4,460
Promedio	58.43				23.58			0.142			160.78			3,688.76
S	19.04				4.13			0.013			28.29			626.58
														8,394
														1468.99

HOT START														
			G tab			G tab			Gtab			Gtab		Gtab
				Velocidad de					Consumo específico de			Consumo específico de energía (corregido)		
1		31	0.69	A	32	0.51	A	17%	0.00	A	105	0.59	A	2,452
2			0.86	A		0.25	A		0.54	A		0.99	A	0.55
3		30	1.71	A	30	1.29	A	19%	0.06	A	98	0.22	A	2,305
4			0.17	A		1.47	A		1.73	A		1.20	A	0.10
5		45	0.17	A	21	0.54	A	17%	0.20	A	120	0.39	A	2,733
6			0.86	A		0.24	A		0.63	A		1.67	A	1.27
7		36	1.03	A	20	1.22	A	22%	1.50	A	94	0.50	A	2,144
Promedio	35.00				28.54			0.173			116.10			2,688.55
S	5.83				5.86			0.025			18.17			429.46
														10,161
														2084.92

BENCHMARK					
			G tab		G tab
	Benchmark Uso de combustible			Eficiencia Térmica alta potencia	
1	1,235	0.62	A	15.06%	0.76
2		1.11	A		0.72
3	1,163	1.13	A	16.39%	0.72
4		1.31	A		1.88
5	1,490	0.57	A	15.09%	0.50
6		0.29	A		0.07
7	1,516	0.99	A	17.43%	1.54
Promedio	1325.00			15.74%	
S	145.97			0.01	

