

**Protocolo de Pruebas Normalizado para la Evaluación del Desempeño Micro-Ambiental,  
Energético y Ambiental de Estufas Mejoradas que Queman Leña**

Revisión 1

8 de junio del 2011

Preparado por:

Dirección de Investigación Experimental en Contaminación Atmosférica (DIECA)  
Centro Nacional de Investigación y Capacitación Ambiental (CENICA)  
Instituto Nacional de Ecología (INE)  
Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)  
<http://www2.ine.gob.mx/dgcnica/>

y

Gamatek, SA de CV  
Laboratorio de Pruebas Ambientales y Calibración  
Monterrey, NL, México  
Contrato No. INE/AD-077/2010  
<http://www.gamatek.com.mx>

**Aclaración 1:**

El presente documento sigue las directrices estipuladas por el Sistema Internacional de Unidades de Medida el cual fue adoptado por México y normalizado a través de la **NOM-008-SCFI-2002**. Las magnitudes, unidades, prefijos, reglas de escritura de símbolos y reglas de escritura de números y signo decimal, atienden a las disposiciones de esta NOM. Lo anterior es particularmente importante en lo que respecta a las reglas de escritura de símbolos, números y símbolo decimal, las cuales suelen comúnmente causar confusión debido al uso de la 'coma' o el 'punto' como símbolo decimal.

**Principales Unidades SI utilizadas en la elaboración de este documento:**

Unidades SI Base	Unidades SI derivadas con nombre y símbolo especial	Unidades que no pertenecen al SI que se conservan para usarse con el SI	Prefijos para formar múltiplos y submúltiplos
m (=) metro	°C (=) Celsius	h (=) hora	d (=) deci ( $10^{-1}$ )
g (=) gramo	J (=) Joule	min (=) min	c (=) centi ( $10^{-2}$ )
s (=) segundo		L (=) litro	m (=) mili ( $10^{-3}$ )
K (=) kelvin			

Ejemplo: 1 mg/h (=) 1 miligramo por hora.

**Reglas para la Escritura de los Números y su Signo Decimal:**

**Números:** Los números deben ser generalmente impresos en tipo romano. Para facilitar la lectura de números con varios dígitos, estos deben ser **separados en grupos apropiados preferentemente de tres**, contando del signo decimal a la derecha y a la izquierda, los grupos deben ser separados por un pequeño espacio, nunca con una coma, un punto, o por otro medio.

**Signo Decimal:** El signo decimal debe ser una coma sobre la línea (,) o un punto sobre la línea (·). Si la magnitud de un número es menor que la unidad, el signo decimal debe ser precedido por un cero.

**Para los fines de este documento se optó por la coma como símbolo decimal.**

Ejemplos: 1 235,21      2 356 982      1,356      0,656 536      35,236 5

**Nota:** Estas reglas no son utilizadas en el contexto de este informe para la indicación de fechas.

**Reglas Generales para la Escritura de los Símbolos de las Unidades del SI:**

- Los símbolos de las unidades deben ser expresados en caracteres romanos, en general, minúsculas, con excepción de los símbolos que se derivan de nombres propios, en los cuales se utilizan caracteres romanos en mayúsculas  
Ejemplos: m, cd, K, A
- No se debe colocar punto después del símbolo de la unidad
- Los símbolos de las unidades no deben pluralizarse  
Ejemplos: 8 kg, 50 kg, 9 m, 5 m (pero no: kgs o mts)
- El signo de multiplicación para indicar el producto de dos ó más unidades debe ser de preferencia un punto. Este punto puede suprimirse cuando la falta de separación de los símbolos de las unidades que intervengan en el producto, no se preste a confusión.  
Ejemplo: N·m o Nm, también m·N pero no: mN que se confunde con milinewton, submúltiplo de la unidad de fuerza, con la unidad de momento de una fuerza o de un par (newton metro)
- Cuando una unidad derivada se forma por el cociente de dos unidades, se puede utilizar una línea inclinada, una línea horizontal o bien potencias negativas.  
Ejemplo: m/s o  $ms^{-1}$  para designar la unidad de velocidad: metro por segundo
- No debe utilizarse más de una línea inclinada a menos que se agreguen paréntesis. En los casos complicados, deben utilizarse potencias negativas o paréntesis  
Ejemplos:  $m/s^2$  o  $m \cdot s^{-2}$ , pero no: m/s/s  
 $m \cdot kg / (s^3 \cdot A)$  o  $m \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-1}$ , pero no:  $m \cdot kg/s^3/A$
- Los múltiplos y submúltiplos de las unidades se forman anteponiendo al nombre de éstas, los prefijos correspondientes con excepción de los nombres de los múltiplos y submúltiplos de la unidad de masa en los cuales los prefijos se anteponen a la palabra "gramo"  
Ejemplos: dg, mg (decigramo; miligramo)  
ks, dm (kilosegundo; decímetro)
- Los símbolos de los prefijos deben ser impresos en caracteres romanos (rectos), sin espacio entre el símbolo del prefijo y el símbolo de la unidad  
Ejemplo: mN (milinewton) y no: m N
- Si un símbolo que contiene a un prefijo está afectado de un exponente, indica que el múltiplo de la unidad está elevado a la potencia expresada por el exponente  
Ejemplos:  $1 \text{ cm}^3 = (10^{-2} \text{ m})^3 = 10^{-6} \text{ m}^3$   
 $1 \text{ cm}^{-1} = (10^{-2} \text{ m})^{-1} = 10^2 \text{ m}^{-1}$
- Los prefijos compuestos deben evitarse  
Ejemplo: 1 nm (un nanómetro)  
pero no: 1 m $\mu$ m (un milimicrómetro)

**Contenido:**

1. Antecedentes.
2. Introducción.
3. Objetivos del Protocolo.
4. Campo de Aplicación y Alcance del Protocolo.
5. Resumen.
6. Definiciones.
7. Seguridad.
8. Especificaciones para el Sitio o Área de Pruebas (Laboratorio).
9. Preparación de la Estufa.
10. Preparación de la Leña.
11. Procedimientos de Prueba.
  - 11.1. Caracterización de la Estufa, Corridas de Práctica y Determinación del Área Efectiva de Cocinado.
  - 11.2. Enfriamiento Inicial.
  - 11.3. Pruebas para Evaluación del Desempeño Energético.
  - 11.4. Pruebas para Evaluación del Desempeño Micro-Ambiental.
  - 11.5. Pruebas para Evaluación de Desempeño Ambiental.
  - 11.6. Análisis de la Leña.
12. Procedimientos de Control y Aseguramiento de Calidad
13. Cálculos.
14. Registros y Formatos.
15. Figuras.
16. Criterios para Evaluación del Desempeño de Estufa.
17. Informe.

## 1. Antecedentes.

1.1. De acuerdo a la Organización Mundial de la Salud (OMS), más de la mitad de la población mundial depende del uso de combustibles sólidos<sup>A</sup>, incluyendo la biomasa (madera, estiércol, residuos agrícolas) y el carbón mineral, para satisfacer sus necesidades básicas de consumo de energía. Estas prácticas para cocinado y calefacción resultan en altos niveles de contaminación del aire intramuros (CAI)<sup>B</sup>. Globalmente, se le atribuyen 1,5 millones de muertes anuales a esta CAI.

1.2. Adicionalmente, la OMS estimó que en México durante el 2002 aproximadamente el 14% (más de 14 millones de habitantes) de la población utilizó combustibles sólidos para cocinado y calefacción, contribuyendo a un equivalente de 58 900 años perdidos por discapacidad y muerte<sup>C</sup>.

1.3. De acuerdo al Balance Nacional de Energía 2005, el consumo nacional de energía primaria a partir de leña bajó de 249,9 a 247,2 PJ entre los del 2000 al 2005. Estas cifras equivalen a un consumo per-cápita de 177 kg de leña por habitante para el 2000 y 165 kg por habitante para el 2005<sup>D</sup>. Estas cifras son considerablemente elevadas tomando en cuenta que, según la OMS, solo el 14% de la población utiliza leña para cocinado y calefacción, de manera que si se calcula el consumo per-cápita únicamente con esta población, este sería de 1 264 y 1 180 kg de leña por habitante que la consume para los años 2000 y 2005. Considerando datos del Censo Nacional de Población y Vivienda del 2000, en México se promediaban 4,38 habitantes por hogar, de manera que un hogar que consume leña hubiese quemado más de 15 kg de leña diarios durante este año. Según Masera et. al., la población que utiliza leña para cocinado y calefacción en México asciende a 27 millones de personas (equivalente a casi el 80% de la población rural), lo cual disminuye el consumo por hogar a cerca de 7,7 kg por día.

1.4. De acuerdo al Censo Nacional de Población y Vivienda del 2000, en México 18 730 054 habitantes (equivalentes al 19,2% de la población total en este año), utilizaban leña o carbón como combustible en sus hogares.

1.5. Cualquiera que sea el caso, el uso cotidiano de leña para cocinado y calefacción en México resulta una realidad que afecta a una gran proporción de nuestra población (entre el 14 y 26%), aunado a que en buena medida, esta población se encuentra marginada y con acceso a servicios de salud limitados.

1.6. De acuerdo a la OMS, los impactos en la salud derivados de la CAI son en algunos casos contundentes, mientras que en otros la evidencia encontrada al momento aún limitada. Estos impactos están resumidos en la [Tabla 1](#).

Tabla 1: Impactos a la Salud derivados de la Contaminación del Aire Intramuros de acuerdo a la OMS.				
Impacto a la Salud	Evidencia <sup>E</sup>	Población afectada	Riesgo Relativo <sup>F</sup>	Intervalo de confianza @ 95% para el Riesgo Relativo <sup>G</sup>
Infecciones agudas de las vías respiratorias inferiores	Fuerte	Niños edad 0 – 4 años	2,3	1,9 – 2,7
Enfermedad pulmonar obstructiva crónica	Fuerte	Mujeres edad ≥ 30 años	3,2	2,3 – 4,8
	Moderada I	Hombres edad ≥ 30 años	1,8	1,0 – 3,2
Cáncer de Pulmón (Carbón)	Fuerte	Mujeres edad ≥ 30 años	1,9	1,1 – 3,5
	Moderada I	Hombres edad ≥ 30 años	1,5	1,0 – 2,5
Cáncer de Pulmón (Biomasa)	Moderada II	Mujeres edad ≥ 30 años	1,5	1,0 – 2,1
Asma	Moderada II	Niños edad 5 – 14 años	1,6	1,0 – 2,0
	Moderada II	Adultos edad ≥ 15 años	1,2	1,0 – 1,5
Cataratas	Moderada II	Adultos edad ≥ 15 años	1,3	1,0 – 1,7
Tuberculosis	Moderada II	Adultos edad ≥ 15 años	1,5	1,0 – 2,4

1.7. No obstante a lo que se conoce al momento sobre los impactos a la salud derivados de la exposición a CAI, la OMS indica que actualmente se desconoce con certeza cuál es la relación entre el grado de exposición y su respuesta como impacto a la

A Equivalente a más de 3 000 millones de habitantes utilizando combustibles sólidos.

B En inglés: Indoor Air Pollution (IAP).

C Índice denominado en inglés como DALY (= Disability-Adjusted Life Year

D Leña con un 25% de humedad.

E Evidencia Fuerte: numerosos estudios sobre el uso de combustibles sólidos en países en desarrollo, soportados con evidencia de estudios de fumado activo y pasivo, contaminación del aire urbano y estudios bioquímicos o de laboratorio.

Evidencia Moderada: al menos 3 estudios sobre el uso de combustibles sólidos en países en desarrollo, soportados con evidencia de estudios de fumado activo y pasivo, y estudios en animales.

Moderado I: evidencia fuerte para grupos de edad y/o sexo específicos.

Moderado II: evidencia limitada.

F El riesgo relativo indica cuantas veces es más probable que ocurra la enfermedad en personas expuestas a contaminación del aire intramuros que a personas no expuestas.

G El intervalo de confianza representa el intervalo de incertidumbre. Intervalos amplios indican baja precisión; intervalos angostos indican mayor precisión.

salud, como por ejemplo, qué niveles de CAI pueden causar diferentes efectos en la salud. Consecuentemente también se desconoce qué tanto se deben reducir los niveles de CAI para lograr observar beneficios en la salud.

**1.8.** Adicionalmente a los impactos en la salud derivados de la CAI, otros problemas asociados al uso de la leña para cocinado y calefacción corresponden a los impactos ocasionados al medio ambiente local, regional y global. Estos impactos se manifiestan a través de:

- La emisión de contaminantes del aire que contribuyen al calentamiento global y/o a la contaminación local;
- El uso no sostenible de la madera como combustible, lo cual contribuye a la deforestación y desertificación, así como al posible uso de estiércol como combustible, lo cual potencialmente contribuye a la pérdida de fertilidad en el suelo.

**1.9.** Las liberaciones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) contribuyen al calentamiento global. Los GEI derivados de la combustión de leña se resumen al Monóxido de Carbono (CO), Bióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>), Metano (CH<sub>4</sub>), otros hidrocarburos y el Óxido Nitroso (N<sub>2</sub>O). De estos, el CO<sub>2</sub> es el principal constituyente de los gases de combustión. Partiendo de las cifras indicadas en el Balance Nacional de Energía 2005, la cantidad de leña utilizada en México para uso Residencial equivale a aproximadamente 17 millones de toneladas<sup>H</sup>, las cuales contribuyeron con una emisión de aproximadamente 22,2 millones de toneladas de CO<sub>2</sub><sup>I</sup>.

**1.10.** Otro tipo de emisiones al aire derivadas de la combustión de leña son las partículas, las cuales ocurren en forma compleja y de diferente manera. En algunos casos pueden contribuir al calentamiento global, como el del ‘carbón negro’, mientras que en otros casos pueden ofrecer un efecto de enfriamiento, como el carbón orgánico.

**1.11.** Existen distintas áreas impacto en las que la implementación de medidas de intervención para controlar, mejorar o evitar, la práctica de quema de combustibles sólidos en el hogar, puede tener efectos positivos o adversos. Las áreas de evaluación del impacto por medidas de intervención se clasifican en:

- a. Adopción;
- b. Desarrollo de mercado;
- c. Desempeño;
- d. Niveles de contaminación del aire intramuros y exposición personal;
- e. Salud y seguridad;
- f. Periodo de implementación e impacto socioeconómico, y;
- g. Impactos al medio ambiente.

**1.12.** Cada medida de intervención puede tener impactos en una o varias áreas específicas a la vez. Partiendo de la premisa de que en una buena parte de México el cocinado se realiza haciendo uso del fogón abierto rodeado con tres piedras (conocido como ‘fogón de tres piedras’) o del fogón rodeado en forma de ‘U’ (haciendo uso de lodo o barro), todo indica que una de las intervenciones factibles<sup>J</sup> de mayor impacto en una buena parte de las áreas de evaluación consiste en, por sentido común: (i) extraer los humos de la combustión al exterior del hogar a fin de reducir la exposición, y; (ii) hacer más eficiente la combustión con el objetivo de reducir el consumo de leña. En general, el uso de Estufas para leña que promuevan la combustión eficiente en una cámara relativamente hermética que no permita la fuga de humos al interior del hogar, que los transporte fuera del hogar a través de un conducto o chimenea y que posea suficiente área para cocinado, ha resultado una medida de intervención aceptable<sup>K</sup>. Estas Estufas son comúnmente referidas como Estufas ‘Mejoradas’, y existen en distintas formas y diseños, cada uno intentando poseer impactos positivos relacionados a su aceptación y adopción, al tipo de alimentos que se cocinan en cada región, a su costo de manufactura, distribución e instalación (cuando apliquen), y al tipo de combustible que se utiliza en la región. En México, las Estufas Mejoradas normalmente encontradas son denominadas del tipo “Plancha” y normalmente ofrecen una superficie de cocinado extendida para los alimentos aquí preparados, especialmente la tortilla.

---

<sup>H</sup> Leña con un 25% de humedad.

<sup>I</sup> Las emisiones de CO<sub>2</sub> en las Centrales Térmicas de CFE y LFC en el 2005 que quemaban Gas, Diesel, Combustóleo y Carbón, ascendían a alrededor de 89,2 millones de toneladas. De manera que las emisiones de CO<sub>2</sub> derivadas de la quema de leña en uso residencial equivalen a alrededor de un 25% las emisiones de las Centrales Térmicas a base de combustibles fósiles.

<sup>J</sup> Definitivamente la mejor intervención consistiría en evitar la actividad por completo, o bien, sustituir el uso de combustibles sólidos por combustibles mas limpios, no obstante, la adopción, desarrollo de mercado, periodo de implementación e impacto socio-económico, convierten este tipo de intervenciones en soluciones de alto costo y cuestionable adopción, limitando la factibilidad pronta de estas intervenciones a nivel masivo.

<sup>K</sup> Existen muchas otras medidas de intervención que pueden ser aplicables, sin embargo, estas se encuentran fuera del alcance de este Protocolo. Las medidas de intervención para reducir la exposición a CAI se clasifican en: (i) dispositivos de cocinado mejorados; (ii) uso de combustibles alternos; (iii) reducir la dependencia al uso de fuego; (iv) mejorar la ventilación en los hogares; (v) diseño de la cocina y ubicación de la estufa; (vi) reducción de la exposición mediante el cambio de las prácticas de cocinado, y; (vii) evitando o reduciendo la exposición al humo.

**1.13.** No obstante, la versatilidad del uso del fogón abierto definida por poder hacerse fácilmente, en cualquier lugar, en cualquier momento, por cualquier persona, a muy bajo costo, con leña de casi cualquier tamaño y que no requiere mantenimiento de largo plazo, comprometen la factibilidad del uso de intervenciones basadas en Estufas Mejoradas y deben considerarse muchos otros factores independientes a la mitigación a los niveles de exposición y a la eficiencia energética de estos dispositivos, a fin de hacer el programa de intervención un éxito.

**1.14.** Adicionalmente, es necesario considerar que el uso de Estufas Mejoradas no necesariamente logrará disminuir el grado de exposición y/o la eficiencia energética del mismo, ya que su desempeño no solo depende del diseño de estas, sino que es ampliamente dependiente de factores como las prácticas de uso, el mantenimiento que se le brinde, las condiciones de instalación, entre otros.

**1.15.** En las últimas tres décadas se han realizado numerosos esfuerzos alrededor del mundo por mejorar el diseño de las Estufas Mejoradas para reducir la exposición a humos por parte de los usuarios y reducir el consumo de leña haciendo más eficiente la combustión y la transferencia de calor. De igual manera se ha trabajado en diversos esquemas para la difusión de estas tecnologías con resultados variables.

**1.16.** En México, diferentes dependencias del gobierno federal, de gobiernos estatales así como otras instituciones están llevando a cabo programas de intervención con Estufas Mejoradas. Sin embargo, existe nula o muy poca información sobre su desempeño que permita hacer una selección educada de las mejores opciones tecnológicas disponibles en términos de eficiencia energética y reducción de exposición a contaminantes.

**1.17.** Actualmente existe una amplia variedad de modelos de Estufas Mejoradas disponibles, con variaciones significativas respecto al aspecto físico, diseño, materiales de construcción, costo y cantidades ofertadas. Sin embargo, sólo para algunas de ellas, se cuenta con algún tipo de información sobre su eficiencia energética, grado de aceptación de la población y emisiones generadas, aspectos que son cruciales para lograr los objetivos de cualquier programa de intervención relacionados con protección a la salud y al ambiente.

**1.18.** Derivado de la necesidad de contar con un Protocolo de evaluación del desempeño de Estufas Mejoradas que sirva como plataforma metrológica para la evaluación y posible selección de Estufas Mejoradas para programas de intervención masiva con miras a la sustitución del fogón abierto, la SEMARNAT a través de la DGCENICA desarrolló el presente documento que permite desarrollar un conjunto de pruebas y comparar sus mensurandos contra criterios predefinidos de desempeño a fin de facilitar la toma de decisiones.

## **2. Introducción.**

**2.1.** El presente documento incluye los procedimientos de prueba, así como su protocolo de aplicación, necesarios para evaluar el desempeño relativo y absoluto de una Estufa Mejorada con respecto a:

- a. Su eficiencia energética (desempeño energético);
- b. Su eficacia relativa para reducir los niveles de contaminación del aire intramuros y la exposición de sus usuarios a humos de combustión de leña (desempeño micro-ambiental), y;
- c. Sus emisiones a la atmósfera (desempeño ambiental).

**2.2.** Existe una buena cantidad de áreas de evaluación que pueden ser probadas en una Estufa, como la evaluación de la aceptación de la misma por parte de los usuarios, la seguridad de su operación, su costo, su eficiencia para reducir la incidencia en problemas de salud, su practicidad de uso, sus necesidades de mantenimiento, etcétera; no obstante, para poder generar una plataforma metrológica objetiva, la DGCENICA optó por seleccionar parámetros o métricos de evaluación objetiva en la que se puedan fijar, limitar o aislar, aquellos factores que afecten a los métricos y poder probarlos para fines comparativos entre las mismas Estufas y/o contra criterios predefinidos de desempeño basados en experiencias previamente adquiridas.

**2.3.** Este protocolo se define como un ‘protocolo de laboratorio’, en el que se intenta medir reproduciblemente (dentro de la variabilidad inherente de la prueba de medición y la operación normal de la Estufa) un conjunto de métricos representativos del desempeño térmico, de reducción de CAI y medio ambiental. No obstante, las pruebas de ‘campo’ siempre podrán ser necesarias para diagnosticar que este desempeño se asemeje al obtenido en el laboratorio. De hecho, bajo ninguna circunstancia se deberá asumir que los resultados de desempeño obtenidos en el laboratorio serán reproducibles en campo, o bien, que la Estufa se comportará en campo y a lo largo del tiempo de la misma manera que se comportó durante las pruebas de laboratorio.

**2.4.** Para la ejecución de un programa de intervención será indispensable considerar la necesidad de evaluar otras áreas, métricos o parámetros en adición a los aquí descritos y en función a las características propias del programa, la oferta de Estufas disponible y sus características, y el tipo de usuarios destinatarios incluyendo sus costumbres, forma de vida, hábitos de cocinado, combustibles requeridos, etcétera.

**2.5.** En resumen, el presente Protocolo acota únicamente a aquellas pruebas que pueden ser efectuadas en forma relativamente reproducible y excluye cualquier otro tipo de evaluación que depende de variables que no pueden o no deben controlarse a nivel laboratorio. Inclusive, las pruebas aquí descritas han sido seleccionadas, adaptadas y en algunos casos modificadas y/o ampliadas, a partir de un conjunto de métodos y procedimientos previamente publicados por autores u organizaciones nacionales o internacionales.

**2.6.** El usuario de este Protocolo deberá apegarse estrictamente a los procedimientos aquí descritos y al cumplimiento de todas sus especificaciones, como los tipos y especificaciones de los materiales y patrones de referencia utilizados, especificaciones metrológicas de equipos e instrumentos de prueba, procedimientos de aseguramiento y control de calidad, procedimientos de registro, cálculo y reporte, así como a los procedimientos de calibración y verificación de instrumentos de medición; a fin de obtener resultados comparables con pruebas efectuadas en otras Estufas, laboratorios y/o condiciones de prueba (ambientales, personal, etcétera).

### **3. Objetivos del Protocolo.**

#### **3.1. Objetivo General.**

**3.1.1.** El objetivo general de este documento es el de definir y detallar los procedimientos de pruebas y su protocolo de aplicación necesarios para la evaluación del desempeño micro-ambiental, energético y ambiental, de Estufas Mejoradas que utilizan (o pueden utilizar) leña como combustible, a fin de generar los métricos necesarios para poder compararlos contra criterios predefinidos y a su vez comparar el desempeño entre distintas Estufas.

**Nota:** Las tres áreas de desempeño evaluadas fueron seleccionadas considerando prioritario: (i) extraer los humos de la combustión al exterior del hogar a fin de reducir la exposición, y; (ii) hacer más eficiente la combustión con el objetivo de reducir el consumo de leña.

#### **3.2. Objetivos Específicos.**

**3.2.1.** Determinar las especificaciones con las que deberán contar las Estufas Mejoradas sujetas al alcance de este protocolo (por ejemplo, área total de calentamiento, conducción de humos al exterior, tamaño del hogar, etcétera).

**3.2.2.** Determinar (cuando aplique) los criterios técnicos, especificaciones de desempeño y métricos, que permitan comparar los resultados del presente protocolo y ubicar el desempeño de una Estufa Mejorada en un contexto metrológico claro y objetivo.

**3.2.3.** Detallar los procedimientos para diseño y preparación del sitio en donde se realizan las pruebas.

**3.2.4.** Detallar los Métodos de Prueba para la determinación de los métricos e indicadores de desempeño de las Estufas sujetas a Prueba.

**3.2.5.** Detallar el protocolo de cálculo necesario para la obtención de los métricos e indicadores de desempeño a partir de los datos crudos de prueba.

**3.2.6.** Determinar el protocolo de aplicación de los Métodos de Prueba, incluyendo: cantidad de muestras o corridas, condiciones bajo las que se debe efectuar las pruebas (por ejemplo, en frío o en caliente), condiciones ambientales, preparación de combustible (leña), procedimientos de aseguramiento y control de calidad, criterios de aceptación y rechazo de resultados, criterios para uso de resultados de fondo y blancos, criterios para promediado de resultados y criterios para uso de límite inferior de cuantificación.

#### 4. Campo de Aplicación y Alcance del Protocolo.

##### 4.1. Campo de Aplicación.

4.1.1. El protocolo aquí detallado ha sido diseñado para Estufas Mejoradas de tipo “Plancha” que posean al menos las siguientes características:

- a. Superficie Nominal de Cocinado de la Plancha principal (ver inciso 11.1.1) entre  $380 \text{ cm}^2$  y  $5\,027 \text{ cm}^2$ ;
- b. Hogar de Combustión diseñado para uso de leña como combustible<sup>L</sup>;
- c. Permitan la alimentación continua de Leña;
- d. Conducción de humos de combustión a la atmósfera a través de un solo conducto;
- e. Uno o varios Hogares de Combustión, no obstante, todos estos deberán descargar sus humos hacia un solo conducto, ya sea juntando los humos desde el interior de la Estufa, o bien, en el exterior de la Estufa haciendo uso de conexiones con ductos;
- f. Boca del Hogar de Combustión de al menos  $7 \text{ cm}$  de ancho (horizontal) y al menos  $5 \text{ cm}$  de altura (vertical);
- g. La Boca del Hogar de Combustión podrá no poseer compuerta para su cerrado o poseer una compuerta que permita el cerrado parcial y/o total (dependiendo del diseño y de la forma en que se alimente el aire al hogar);
- h. La conducción de humos a la atmósfera podrá efectuarse por tiro inducido o forzado, no obstante, en caso de poseer tiro forzado, este deberá ser parte integral (no opcional) de cada Estufa comercializada;
- i. Podrán poseer 1 o varias superficies (independientes) de cocinado;
- j. La entrega de los humos por la Estufa podrá ser en dirección horizontal o vertical, de manera que se deberán seguir el procedimiento de preparación e instalación de la Estufa descrito en este protocolo para hacer la conexión de la chimenea, y;
- k. El cuerpo de la Estufa, su Hogar y sus superficies de cocinado, podrán ser fabricadas de diversos materiales, no obstante, estos deberán garantizar la integridad de la Estufa durante su uso.

4.1.2. Se excluyen de campo de aplicación de este protocolo:

- a. Estufas que no cumplan con lo indicado en el inciso anterior;
- b. Estufas que limiten la alimentación de leña a un solo lote;
- c. Estufas diseñadas para uso de combustibles gaseosos únicamente;
- d. Estufas con descarga de humos en pleno o hacia una campana de colección;
- e. Estufas diseñadas para cocinado con calentamiento directo (tipo horno);
- f. Estufas que su Hogar o su Boca no permitan la alimentación adecuada de la leña durante las pruebas, y;
- g. Estufas que no alcancen al menos  $380 \text{ cm}^2$  o que sobrepasen los  $5\,027 \text{ cm}^2$  de Superficie Efectiva de Cocinado en su Plancha principal.

##### 4.2. Alcance del Protocolo.

4.2.1. El presente protocolo deberá ser aplicado únicamente a Estufas incluidas en el Campo de Aplicación.

4.2.2. El presente protocolo podrá ser modificado o adaptado para Estufas no incluidas en el Campo de Aplicación, no obstante, sus resultados no podrán ser comparados contra los criterios de desempeño establecidos aquí o ser comparados contra los resultados de Estufas que si cumplen con el Campo de Aplicación.

4.2.3. El alcance de este protocolo se limita a determinar únicamente el desempeño micro-ambiental, energético y ambiental, definido bajo los métricos e indicadores aquí descritos y medidos conforme a los Métodos de Prueba y su protocolo de aplicación aquí descritos. Como se mencionó en los antecedentes e introducción de este documento, existen otras áreas de evaluación que pueden ser de igual o mayor importancia a las áreas aquí medidas, no obstante, estas áreas dependen de factores ajenos a los objetivos de este documento. Los programas de intervención deberán incluir otro tipo de evaluaciones adicionales a las aquí descritas y en función a las características propias de cada programa.

4.2.4. El presente protocolo deberá efectuarse sobre condiciones controladas y en un sitio (laboratorio) diseñado y construido de acuerdo a las especificaciones aquí descritas. Los resultados de este protocolo serán únicamente representativos para las Estufas evaluadas, bajo las condiciones de instalación y operación utilizadas, y dentro de las características metrológicas de los métodos aquí descritos (exactitud, precisión, etcétera).

---

<sup>L</sup> La Estufa podrá haber sido diseñada para uso de otro tipo de combustibles y/o varios combustibles a la vez, no obstante, el uso únicamente de leña es parte elemental del presente protocolo por lo que la Estufa deberá poder utilizarse, sin modificación alguna, con únicamente leña como combustible.

**4.2.5.** Los resultados obtenidos para un modelo específico de Estufa, serán representativos únicamente para aquellas Estufas construidas con:

- a. Las mismas dimensiones externas e internas de la Estufa (variaciones en las dimensiones mayores a un 2% serán consideradas un cambio);
- b. Los mismos materiales de construcción (incluyendo sus especificaciones, por ejemplo, densidad, conductividad térmica, espesor, composición, entre otros), y;
- c. El mismo tipo y características de la descarga y entrega de humos a la chimenea.

**Nota 1:** Para aquellas Estufas de Fabricación (parcial o total) en Sitio, la representatividad de los resultados de una prueba dirigida bajo este protocolo no podrá considerarse transferible al resto de las Estufas de este tipo. Desafortunadamente, las Estufas de fabricación en sitio ofrecen grandes ventajas para programas de intervención en localidades remotas y de difícil acceso, no obstante, su construcción casa por casa no podrá garantizarse que cumpla con las mismas especificaciones bajo las que fue evaluada en laboratorio. Por lo tanto, una Estufa de Fabricación en Sitio podrá ser preparada y evaluada en el laboratorio para determinar su desempeño al ser fabricada conforme a las especificaciones de su manual o instructivo, sin embargo, estos resultados no podrán transferirse a cualquier Estufa fabricada en campo.

**Nota 2:** Los resultados obtenidos para Estufas de Ensamblado en Sitio si podrán ser representativos del resto de las Estufas con el mismo diseño, siempre y cuando las instrucciones de Ensamblado garanticen que se cumpla lo descrito en este inciso y que no existan operaciones que puedan ser realizadas por el ensamblador para afectar sus dimensiones, materiales de construcción y características de entrega de humos.

## **5. Resumen.**

**5.1.** Se efectúan 3 pruebas para Evaluación de Desempeño Energético denominadas:

- PAPF (=) Prueba de Alta Potencia en Frío
- PAPC (=) Prueba de Alta Potencia en Caliente
- PCAC (=) Prueba de Calentamiento Constante

**5.2.** Las pruebas de Desempeño Energético se efectúan en ese orden durante 1 mismo día: PAPF → PAPC → PCAC.

**5.3.** Las pruebas de Desempeño Energético se efectúan por triplicado durante 3 días.

**5.4.** El presente protocolo incluye disposiciones para la fabricación del sitio de prueba (laboratorio), su preparación previa a un ciclo de pruebas, así como disposiciones para el ensamblaje e instalación de la Estufa sujeta a pruebas.

**5.5.** Durante cada prueba de Desempeño Energético se efectúan en forma simultánea las pruebas para Evaluación del Desempeño Micro-Ambiental y Desempeño Ambiental.

**5.6.** Las pruebas de Desempeño Micro-Ambiental incluyen la evaluación de la concentración másica de Partículas Totales (PT), Partículas menores a 10 µm (PM<sub>10</sub>), Partículas menores a 2,5 µm (PM<sub>2,5</sub>) y Monóxido de Carbono (CO), en tres distintas zonas ubicadas alrededor de la Estufa, de manera que al término de un día de prueba en el que se ejecutó una repetición PAPF → PAPC → PCAC, se tienen 3 resultados de concentración promedio de estos contaminantes; uno para cada zona de muestreo.

**5.7.** Las pruebas de Desempeño Ambiental incluyen la evaluación de la concentración másica y volumétrica de Bióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>), Oxígeno (O<sub>2</sub>), Agua en fase gaseosa (H<sub>2</sub>O), Monóxido de Carbono (CO), Compuestos Orgánicos Gaseosos Totales (COT), Metano (CH<sub>4</sub>) y Oxido Nitroso (N<sub>2</sub>O), en la chimenea de la Estufa, de manera que al término de un día de prueba en el que se ejecutó una repetición PAPF → PAPC → PCAC, se tiene un resultado de concentración promedio de cada contaminante.

**5.8.** Este protocolo incluye procedimientos y disposiciones para el control y aseguramiento de calidad para disminuir la influencia de factores externos que ejerzan interferencia sobre los resultados de las pruebas.

**5.9.** Este protocolo incluye criterios para la Evaluación del Desempeño de la Estufa. Los criterios de Desempeño Energético refieren a la eficiencia energética para lograr llevar a ebullición una cantidad determinada de agua, incluyendo: (a) la eficiencia energética, y; (b) el tiempo necesario para lograr ebullición. Los criterios de Desempeño Micro-Ambiental refieren a las concentraciones potenciales a las que se expondrían las personas usuarias de la Estufa que son consideradas como niveles máximos definidos en el presente protocolo. Los criterios de Desempeño Ambiental refieren a los factores de emisión de Gases de Efecto Invernadero (GEI), Compuestos Orgánicos Gaseosos Totales (COT) y Monóxido de Carbono (CO), considerados como niveles máximos definidos en el presente protocolo.

## **6. Definiciones.**

### **6.1. Eficiencia Térmica de la Estufa.**

El término Eficiencia Térmica de la Estufa en este Protocolo, denominada ET, en particular se define como el calor ganado por el agua contenida en los recipientes durante las pruebas PAPP, PAPP y PCAC (el cual incluye el calor sensible y latente), entre el calor neto generado en la combustión de leña (el cual incluye únicamente el calor aprovechable en la combustión de la leña o poder calorífico neto), y expresado en forma porcentual.

La ET como resultado no puede ser mayor a 100%.

Las pérdidas de calor incluyen al menos a las siguientes (se excluye la pérdida de calor para calentar y evaporar el agua no ligada químicamente a la madera): (a) el calor perdido en los gases de combustión liberados a la atmósfera y/o interior del laboratorio; (b) el calor ganado por el cuerpo de la Estufa, planchas y/o recipientes utilizados para contener el agua; (c) el calor perdido por conducción, convección y radiación, desde la superficie de la Estufa, planchas y chimenea, hacia el interior de laboratorio y/o exterior, y; (d) el calor ganado por las cenizas.

**Nota:** El término de Eficiencia Térmica no deberá confundirse con Eficiencia de Combustión o alguna otra definición distinta a la aquí descrita.

### **6.2. Estufa Mejorada.**

Dispositivo diseñado principalmente para cocinar alimentos con capacidad de reducir el consumo de combustible y mejorar la calidad del aire que respiran sus usuarios.

En algunos casos, las Estufas son utilizadas con otros objetivos como el de medio de calefacción interior o para calentar otro tipo de objetos distintos a los alimentos, no obstante, su principal objeto es el de calentamiento y cocción de alimentos.

Para el presente Protocolo, una Estufa Mejorada se refiere a aquel dispositivo utilizado para el cocinado de alimentos utilizando combustibles sólidos (normalmente) y/o líquidos (ocasionalmente), con alimentación manual del mismo y con control de exceso de aire en la combustión en base a la manipulación manual de esta alimentación, las características del combustible (tipo, tamaño, contenido de humedad, etcétera), el tiro inducido que se forma en el sistema Hogar-Estufa-Chimenea y, en aquellos casos en que aplique, las compuertas que permitan al usuario regular el tiro inducido de aire.

El concepto de Estufa Mejorada se basa en la mejora que se obtiene en la calidad del aire al que sus usuarios son expuestos en comparación al uso de fogón abierto o Estufas con mal desempeño. La mejora en la calidad del aire es esencialmente adquirida extrayendo los humos de la combustión a través de su canalización al exterior de las habitaciones.

### **6.3. Estufa Mejorada tipo Plancha.**

Son Estufas Mejoradas diseñadas para la cocción de alimentos particulares a la región de Latinoamérica y en particular se deben al cocinado de la tortilla o equivalente. Su área de cocción es mayor en comparación a otro tipo de Estufas Mejoradas en las que su diseño es particular a la cocción de alimentos en ollas únicamente.

### **6.4. Gases de Efecto Invernadero.**

Se denominan Gases de Efecto Invernadero (GEI) o gases invernadero, a aquellas especies químicas que su presencia en la atmósfera en fase gaseosa contribuye al efecto invernadero o efecto de calentamiento global. Los más importantes están presentes en la atmósfera de manera natural, aunque su concentración puede verse modificada por actividades antropogénicas. También existen GEI artificiales producto de la industria.

Para los fines de este Protocolo, los GEI incluidos son únicamente los siguientes:

CO<sub>2</sub> (=) Bióxido de Carbono

CH<sub>4</sub> (=) Metano

N<sub>2</sub>O (=) Oxido Nitroso

### **6.5. Índice de Potencial de Calentamiento Global**

El índice de potencial de calentamiento global (en inglés, Global Warming Potential – GWP), nos da una medida de la capacidad de cada especie química para contribuir al calentamiento global mediante el conocido efecto invernadero. El índice se calcula sobre un periodo de tiempo, el más común de 100 años, y tomando como referencia la capacidad de calentamiento global que ofrece únicamente del CO<sub>2</sub>, al cual se le asigna por convenio un valor GWP de 1.

Para los fines de este Protocolo, los siguientes GWP han sido considerados (IPCC 1996):

GEI	GWP g CO <sub>2</sub> e / g
CO <sub>2</sub>	1
CH <sub>4</sub>	21
N <sub>2</sub> O	310

#### 6.6. Superficie Nominal de Cocinado (SNC).

Área superficial nominalmente disponible en una Estufa Mejorada de tipo Plancha para el cocinado de alimentos. La SNC se mide evaluando el área de cada Plancha de la Estufa en su totalidad (superficie aparentemente diseñada para cocinado).

#### 6.7. Superficie Efectiva de Cocinado (SEC).

Área superficial realmente disponible en una Estufa Mejorada de tipo Plancha para el cocinado de alimentos. La SEC se mide evaluando el área aproximada de cada Plancha de la Estufa en la que la temperatura superficial alcanza valores mayores o iguales a 200°C durante la Prueba de Calentamiento Constante (PCAC).

#### 6.8. Boca del Hogar de Combustión.

Espacio dedicado en la Estufa a través del cual se alimenta el combustible al Hogar de Combustión.

#### 6.9. Hogar de Combustión.

Espacio dedicado en la Estufa en el cual se realiza la combustión.

#### 6.10. Estufa Mejorada de Fabricación en Sitio.

Estufas diseñadas para ser fabricadas en Sitio haciendo uso de materias primas localmente disponibles. La fabricación de estas Estufas se realiza a través de instructivos y/o capacitación en el Sitio. Normalmente se suministra a los usuarios o personas encaradas de su fabricación, los aditamentos adicionales como Planchas y Chimeneas. Estas Estufas son comúnmente fabricadas utilizando ladrillo, barro, cemento, entre otros materiales.

#### 6.11. Estufa de Ensamblado en Sitio.

Estufas que son suministradas en piezas para que estas sean ensambladas en Sitio. Para ser considerada como tal, su suministro y ensamblado debe garantizar que la Estufa no pueda ser ensamblada equívocamente de tal forma que se altere su desempeño.

#### 6.12. Desviación (también denominado Sesgo).

De acuerdo a [ISO 3534-1]:

La diferencia entre el valor esperado de los resultados de prueba y un valor de referencia aceptado.

**Nota:** El sesgo es el error sistemático total en contraste con el error aleatorio. Puede existir uno o más componentes del error sistemático que contribuyen al sesgo. Una mayor diferencia sistemática con respecto al valor de referencia aceptado se refleja por un valor de sesgo mayor.'

De acuerdo a [IUPAC Compendium of Chemical Technology, 1985]:

Caracteriza al error sistemático en un procedimiento analítico dado y es la desviación (positiva o negativa) de la media de los resultados analíticos con respecto al valor verdadero (conocido o aceptado).

### 6.13. Precisión.

De acuerdo a [ISO 3534-1]:

Es la proximidad de concordancia entre los resultados de pruebas independientes obtenidos bajo condiciones estipuladas.

**Nota:** La precisión depende sólo de la distribución de los errores aleatorios y no se relaciona con el valor verdadero o valor especificado. La medida de la precisión generalmente se expresa en términos de imprecisión y se calcula como una desviación estándar de los resultados de la prueba. “Resultados de prueba independientes” significa que los resultados fueron obtenidos de tal forma que no son influenciados por cualquier otro resultado previo sobre el mismo o similar objeto de prueba. Las mediciones cuantitativas de la precisión dependen en forma crítica de las condiciones estipuladas. La Repetibilidad y la Reproducibilidad son series particulares de condiciones extremas.

De acuerdo a [IUPAC Compendium de Chemical Technology, 1985]:

Una medida de la reproducibilidad de las mediciones dentro de una serie, es decir, la dispersión de una serie alrededor de su valor central.

### 6.14. Límite de Detección (LoD).

De acuerdo a [AOAC - PVMC]:

El menor contenido que puede medirse con una certeza estadística razonable.

De acuerdo a [NATA Tech Note #13]:

La menor concentración del analito en una muestra que puede detectarse, pero no necesariamente cuantificarse bajo las condiciones establecidas de la prueba.

De acuerdo a [IUPAC Compendium of Chemical Technology, 1985]:

El límite de detección, expresado como la concentración  $c_L$ , o la cantidad  $q_L$ , se deriva de la medida más pequeña  $x_L$ , que puede detectarse con certeza razonable por un procedimiento analítico dado. El valor de  $x_L$  es dado por la ecuación:

$$x_L = x_{bl} + k s_{bl}$$

donde  $x_{bl}$  es la media de las mediciones del blanco y  $s_{bl}$  la desviación estándar de las mediciones del blanco y  $k$  es un factor numérico elegido de acuerdo al nivel de confianza deseado.

También puede identificarse como Concentración neta mínima detectable, o Límite de Determinación/Límite de Decisión, los cuales se definen como:

De acuerdo a [ISO/DIS 11843-1]:

La concentración neta verdadera o la cantidad del analito en el material a analizarse la cual llevará, con una probabilidad de  $(1-\beta)$ , a la conclusión que la concentración del analito en el material analizado es mayor que la del blanco de matriz.

De acuerdo a [AOAC - PVMC]:

El menor contenido de analito, si está presente, que será detectado y que puede ser identificado.

### 6.15. Límite de Cuantificación (LoQ).

De acuerdo a [AOAC - PVMC]:

(El contenido) igual o mayor que el menor punto de concentración en la curva de calibración.

De acuerdo a [NATA Tech Note #13]:

También se conoce como Límite de Reporte: La menor concentración de un analito que puede determinarse con una precisión (repetibilidad) y una exactitud aceptables bajo las condiciones establecidas de la prueba.

De acuerdo a: [IUPAC 'Orange' Book]

También se define como Límite de Cuantificación: Los límites de cuantificación son características de desempeño que marcan la habilidad de un proceso de medición química para 'cuantificar' adecuadamente un analito.

**Nota:** La habilidad para cuantificar se expresa generalmente en términos de la señal o valor (verdadero) del analito que producirá estimaciones con una desviación estándar relativa (RSD) especificada, comúnmente del 10%.

$$\text{Así: } L_Q = k_Q \sigma_Q$$

Donde  $L_Q$  es el Límite de Cuantificación,  $\sigma_Q$  es la desviación estándar en ese punto, y  $k_Q$  es el multiplicador cuyo recíproco es igual a la RSD seleccionada y cuantificada. El valor por omisión de  $k_Q$  propuesto por La IUPAC es de 10.

#### 6.16. Sensibilidad.

De acuerdo a [VIM 1984 y IUPAC 'Orange' Book]:

El cambio en la respuesta de un instrumento de medición dividido por el correspondiente cambio del estímulo.

**Nota:** El estímulo puede ser por ejemplo, la cantidad del mensurando presente. La sensibilidad puede depender del valor de estímulo. Aunque esta definición se aplica claramente a un instrumento de medición, también puede aplicarse al método analítico como un todo, tomando en cuenta otros factores tales como el efecto de los niveles de concentración.

#### 6.17. Poder Calorífico Grueso (PCG)

También denominado Poder Calorífico Superior. Es la cantidad total de calor desprendido en la combustión completa de una unidad de volumen o masa de combustible cuando el vapor de agua originado en la combustión está condensado y se contabiliza, por consiguiente, el calor desprendido en este cambio de fase.

#### 6.18. Poder Calorífico Neto (PCN)

Es la cantidad total de calor desprendido en la combustión completa de una unidad de volumen o masa de combustible sin contar la parte correspondiente al calor latente del vapor de agua generado en la combustión, ya que no se produce cambio de fase, y se expulsa como vapor.

#### 6.19. Potencia de Fuego de la Estufa (PF)

Velocidad promedio con la que se suministra el calor en una Estufa. Se mide en unidades de energía por tiempo.

#### 6.20. Índice de Reducción de Potencia de Fuego (IRPF).

Relación entre la Potencia de Fuego observada en la Prueba de Alta Potencia en Caliente (PAPC) y la Prueba de Calentamiento Constante (PCAC).

#### 6.21. Laboratorio de Pruebas Responsable.

Laboratorio responsable de la ejecución de las Pruebas de Desempeño Energético. El Laboratorio de Pruebas Responsable es la entidad que emite el Reporte o Informe de Pruebas de este Protocolo, y es el responsable ante el Cliente por todo el trabajo efectuado, incluyendo aquellos casos en los que se subcontrate parte de las pruebas (exceptuando los casos en que el Cliente o usuario especifique el subcontratado a utilizar).

## **7. Seguridad.**

**7.1.** Este protocolo, así como el conjunto de Métodos de Prueba propuestos, pueden involucrar el uso de materiales, operaciones o equipo peligroso. Este protocolo y sus Métodos de Prueba pueden omitir la identificación de los riesgos asociados con su implementación. Es responsabilidad del usuario el establecer las prácticas de seguridad apropiadas para reducir los riesgos durante su ejecución.

**7.2.** El presente protocolo involucra el uso de fuego abierto. El usuario deberá establecer las prácticas de seguridad apropiadas para reducir los riesgos en su manejo, control y extinción.

**7.3.** El presente protocolo involucra el riesgo de superficies a alta temperatura expuestas al usuario. El usuario deberá establecer las prácticas de seguridad apropiadas para reducir los riesgos de quemadura.

**7.4.** Las personas responsables de la ejecución de las pruebas aquí descritas, podrán estar expuestas a contaminantes tóxicos. El usuario deberá establecer las prácticas de seguridad apropiadas para reducir la exposición a estos contaminantes.

## 8. Especificaciones para el Sitio de Pruebas (Laboratorio)<sup>M</sup>.

La **Figura 1** posee un diagrama de un laboratorio aceptable.

### 8.1. Dimensiones Interiores.

**8.1.1.** El área superficial interior de pruebas deberá ser cuadrada o rectangular con lados de  $3,5 \pm 0,5$  m.

**8.1.2.** La altura libre de la habitación deberá medir de  $3,0 \pm 0,2$  m.

**8.1.3.** Se deberá estimar el volumen interior del laboratorio dentro de  $\pm 20\%$ .

### 8.2. Ventilación y Acondicionamiento.

**8.2.1.** El laboratorio no deberá poseer ventilación natural o forzada de ningún tipo (por ejemplo, ventanas, espacios con tela de alambre, etcétera), a excepción de la toma de aire indicada en la puerta (ver 8.2.4.).

**8.2.2.** El acceso deberá efectuarse por una puerta de dimensiones convencionales ubicada en el centro de uno de los lados más cortos del laboratorio (cuando ambos lados sean iguales, la ubicación será en el centro de cualquiera de ellos).

**8.2.3.** Se deberán utilizar sellos en las uniones de la puerta que eviten al máximo el paso de aire al interior.

**8.2.4.** A treinta centímetros de altura de la puerta y en forma centrada con respecto a la misma, se deberá hacer un orificio e instalar un filtro de fibra vidrio o equivalente (similar a los utilizados en equipos centrales de acondicionamiento de aire) que permita un paso libre de  $40 \pm 1$  cm por  $40 \pm 1$  cm, capaz de filtrar partículas gruesas sin ofrecer caídas de presión elevadas. La caída de presión a través del filtro limpio, deberá ser menor a  $3$  Pa. El filtro deberá cambiarse cuando se observen caídas de presión mayores o  $3$  Pa o bien, cuando se observe suficiente material acumulado.

**8.2.5.** El aire que ingrese al laboratorio (a través del filtro instalado en la puerta) deberá provenir de una zona libre de tráfico vehicular o fuentes de contaminación evidentes.

**8.2.6.** Durante las pruebas, no deberá abrirse la puerta en ningún momento.

**8.2.7.** En el lado opuesto al de la puerta y ubicado en forma centrada a la horizontal, deberá instalarse una salida que se conecte a un soplador. La altura de esta salida podrá seleccionarse en forma opcional y en función a las necesidades propias de la instalación. Este soplador tendrá la función de purgar el aire alojado en el interior del laboratorio antes de ejecutar una prueba. La salida deberá ser del tamaño adecuado para el soplador que se instale. Esta salida deberá contar con una compuerta o equivalente que pueda cerrarse y sellarse lo mejor posible durante una prueba.

**8.2.8.** Cuando sea necesario, se podrá instalar un aire acondicionado y/o sistema de calefacción, que permita estabilizar el laboratorio a una temperatura de  $25 \pm 5^\circ\text{C}$  antes de comenzar una prueba, no obstante, este equipo deberá permanecer apagado durante las pruebas. La medición de la temperatura del laboratorio deberá efectuarse a una distancia de 30 cm de cualquier muro o puerta y a una altura de  $1,80 \pm 0,20$  m de altura, y evitando que el aire arrojado por el aire acondicionado o sistema de calefacción (cuando aplique) incida directamente sobre el sensor de temperatura<sup>N</sup>.

### 8.3. Materiales de Construcción.

**8.3.1.** Los materiales de construcción del laboratorio podrán ser seleccionados en función a las necesidades propias los interesados, siempre y cuando:

---

<sup>M</sup> Las especificaciones del Sitio de Pruebas (laboratorio) pretenden eliminar o minimizar, a un costo razonable, todas las posibles fuentes de influencia ajenas apropiadamente la Estufa y los Métodos de Prueba. Si bien se reconoce que las mediciones en campo pueden ser cruciales y determinantes para evaluar la viabilidad de uso y buen desempeño de una Estufa, para los fines y objetivos planteados en este protocolo, el sitio de prueba requiere ser aislado como una variable fija de prueba.

<sup>N</sup> La medición de la temperatura ambiental deberá efectuarse con un sensor de temperatura capaz de medir al menos el intervalo de 20 a 30°C y con división real de escala menor o igual a 1°C. La última calibración realizada en el sensor de temperatura deberá haberse efectuado en un periodo no mayor a 365 días. La calibración deberá poseer trazabilidad a Unidades SI y haber sido efectuada por un laboratorio acreditado que manifieste esta trazabilidad. Cuando el error de calibración sea mayor a 1°C, los resultados de temperatura medida deberán ser corregidos por el error de calibración. La calibración del sensor deberá efectuarse al menos en un punto ubicado entre 20 y 30°C.

- a. Los materiales sean herméticos al paso del aire;
- b. Se sellen adecuadamente todas las uniones;
- c. No se permita el paso del agua (en caso de lluvia);
- d. No liberen partículas, y;
- e. No sean inflamables.

#### **8.4. Suministro Eléctrico e Iluminación.**

**8.4.1.** El laboratorio deberá contar con iluminación artificial suficiente para poder realizar las pruebas con seguridad y confort.

**8.4.2.** Deberán existir suministro eléctrico suficiente y adecuado para el uso de los equipos e instrumentos de prueba (balanzas, analizadores, etcétera).

## 9. Preparación de la Estufa<sup>o</sup>.

### 9.1. Instalación (Figura 2).

9.1.1. La Estufa deberá poseer un instructivo de ensamblaje (cuando aplique) e instalación.

9.1.2. Deberán seguirse todas las instrucciones en forma completa. Cuando existan instrucciones optativas, deberá consultarse al fabricante sobre cuales opciones se realizarán.

9.1.3. Deberán documentarse en el informe de prueba todos los detalles de instalación. En aquellos casos en que sea necesario, se deberán tomar fotografías de estos detalles.

9.1.4. La Estufa deberá ubicarse centrada con respecto al laboratorio (y puerta) a una distancia de **0,5 m** del muro del fondo (ver Figura 1).

9.1.5. Se deberá conectar una chimenea vertical que consista de un conducto con longitud de **3,00 ± 0,03 m** de tramo recto sin perturbaciones. Cuando el fabricante comercialice la Estufa junto con su chimenea, se deberá utilizar esa chimenea durante las pruebas previsto de que se cumpla con la distancia de **3,00 ± 0,03 m** de longitud de tramo recto sin perturbaciones. Si la chimenea provista por el fabricante no cumple con esta longitud, se deberá sustituir por una que si la cumpla y manteniendo la misma geometría y dimensiones transversales a las de la provista por el fabricante (por ejemplo, circular o rectangular).

9.1.6. La chimenea deberá poseer la geometría y dimensiones transversales propuestas por el fabricante. Cuando esta especificación no sea descrita por el fabricante, se podrá optar por utilizar una chimenea con geometría transversal circular y diámetro interno de **0,102 ± 0,002 m**, no obstante, esta disposición deberá acordarse con el fabricante.

9.1.7. Cuando la Estufa no se comercialice con su propia chimenea, el material de la chimenea a utilizar deberá ser lámina galvanizada (zincada) con un espesor **calibre 26 (0,45 mm)**. Se deberá procurar utilizar lámina lisa sin corrugado espiral, no obstante, esto dependerá de su disponibilidad. Se deberá omitir el uso de materiales, pinturas o selladores que sean combustibles.

9.1.8. La unión entre la estufa y la chimenea deberá hacerse conforme lo indique el fabricante. Cuando la unión no sea especificada se deberán considerar los siguientes criterios: (1) cuando la entrega de humos se haga en la parte superior de la Estufa, se deberá utilizar una pieza que realice la conversión geométrica, reducción y/o ampliación (lo que aplique), en una distancia vertical equivalente a entre **1 y 2** veces el diámetro del conducto de la chimenea; (2) cuando la entrega de humos se haga en alguno de los costados de la Estufa, se deberá utilizar un codo que permita el desvío de los humos hacia arriba en una distancia vertical no mayor a **2** veces el diámetro del conducto de la chimenea; (3) cuando existan varias salidas de humo en la Estufa, se deberá consultar con el fabricante el esquema de conducción de humos más adecuado.

9.1.9. Cuando la Estufa posea sus propios soportes, estos deberán utilizarse en su instalación previsto que la altura de la Estufa mas la de la unión con la chimenea y los **3,00 ± 0,03 m** de la misma, sean suficientes para rebasar al menos **0,2 m** por encima del techo del laboratorio. Cuando la Estufa no posea sus propios soportes, se deberá utilizar algún medio para ubicar la superficie de calentamiento a una altura de entre **0,70 y 1,20 m**.

9.1.10. Cuando el fabricante comercialice la Estufa junto con su chimenea y esta posea un dispositivo para evitar entrada de agua por lluvia (por ejemplo, gorro chino, codo, etcétera), este deberá instalarse. Cuando no sea el caso, se deberá utilizar un codo de 90° que de su giro en un radio de **1 a 2** veces el diámetro del conducto y que mantenga su diámetro constante.

### 9.2. Limpieza.

9.2.1. La Estufa deberá limpiarse antes de realizar cada una de las pruebas descritas en el **inciso 11** de este protocolo. Todas las actividades de limpieza se deberán efectuar fuera del laboratorio de pruebas.

9.2.2. Limpieza del hogar y canales por donde transita el humo en el interior de la Estufa. Eliminar todo el polvo y cenizas acumuladas y deshollar con cepillo de pelo metálico las superficies de cocinado y aquellas otras partes en donde existan

---

<sup>o</sup> En buena medida, la mayor parte de los requisitos de instalación y ensamblaje para desarrollar la prueba, pretenden someter a las mismas condiciones cada Estufa. La chimenea puede tener gran influencia sobre el desempeño de una Estufa considerando que su geometría (incluyendo las conexiones), conductividad térmica y pérdida de calor al exterior, poseen una relación directa con la eficiencia de extracción de humo, tiempo de residencia de gases de calor, transferencia de calor a las superficies de calentamiento, eficiencia de combustión, entre otros.

cenizas incrustadas que puedan afectar la transferencia de calor o el flujo de gases. La limpieza deberá efectuarse en seco (sin utilizar agua o detergentes) y deberá consistir únicamente de remoción de cenizas. Al terminar la limpieza, se deberá utilizar aire a presión para dejar remover el polvo que haya quedado atrapado.

**9.2.3.** Limpiar la superficie para cocinado por la parte superior asegurándose que no exista material incrustado que afecte a la transferencia de calor.

**9.2.4.** En caso de observarse acumulación de cenizas notoria en la unión a la chimenea, la chimenea y/o el codo o pieza final, que pudieran afectar la transferencia de calor y/o los resultados de desempeño ambiental, se deberán desmontar del laboratorio y en otro lugar deberán ser limpiadas utilizando aire a presión o un escobillón de tamaño apropiado.

**9.2.5.** Cada vez que se vaya a ejecutar conjunto de pruebas PAPF, PAPC y PCAC (en conjunto con las pruebas de desempeño micro-ambiental y ambiental), el laboratorio deberá ser purgado del aire contenido en su interior encendiendo del extractor instalado al fondo del laboratorio y manteniendo la puerta cerrada de manera que el aire ambiente exterior tenga que pasar por el filtro instalado en la puerta. Durante esta operación, se deberán cerrar todas las posibles entradas de aire (como la chimenea). El volumen de aire a purgar deberá ser **al menos 5 veces** el volumen interior del laboratorio.

**Nota:** Una estufa debe ser evaluada con tres repeticiones de PAPF, PAPC y PCAC (ver **inciso 11.3**), de manera que antes de comenzar cada repetición se deberá efectuar el purgado de aire y reacondicionamiento del laboratorio conforme a lo indicado en los **incisos 8 y 9** de este documento.

## 10. Preparación de la Leña.

**10.1.** Para la ejecución de un protocolo completo sobre una Estufa se requiere preparar al menos **15 kg** de madera.

**10.2.** La madera a utilizar deberá ser **Encino Blanco (Quercus rugosa)**.

**10.3.** Se deberá utilizar madera no tratada con agentes químicos. Es común encontrar que se le de un tratamiento contra termita, horneado para exteriores, entre otros; de manera que se deberá prestar cuidado especial en adquirir madera no tratada.

**10.4.** La madera a utilizar deberá estar libre de corteza.

**10.5.** La madera deberá cortarse en tabletas de **1,0 ± 0,1 cm** por **1,0 ± 0,1 cm** por **15,0 ± 0,1 cm**.

**10.6.** En caso de requerirse secado de la madera para ubicar su contenido de humedad dentro de los requisitos del **inciso 10.7**, se deberán utilizar los procedimientos descritos en cualquiera de los siguientes dos Métodos de Referencia para efectuar el secado de toda la madera a utilizar en la prueba:

ASTM **E871** – 02 (Reapproved 2006) – Standard Test Method for Moisture Analysis of Particulate Wood Fuels

ASTM **E1358** – 97 (Reapproved 2006) – Standard Test Method for Determination of Moisture Content of Particulate Wood Fuels Using a Microwave Oven

**Nota 1:** Ambos Métodos están diseñados para determinar el contenido de humedad (agua no ligada químicamente) en la leña. Ambos Métodos se enfocan a determinar la pérdida de masa de una muestra de madera al ser sometida a un proceso de calentamiento en el que se evapora el agua.

**Nota 2:** Ambos Métodos utilizan una muestra de leña de aproximadamente 50 g, de manera que el proceso de secado implica un determinado volumen. Ambos Métodos ASTM deberán adaptarse para secar la totalidad de la madera a utilizarse en la prueba.

**Nota 3:** El objetivo de secar la leña pretende normalizar la constitución de la leña a usarse en distintas pruebas y Estufas en afán de reducir los efectos del agua en la eficiencia de combustión<sup>P</sup>.

**Nota 4:** Estos Métodos de secado deberán adaptarse para secar la madera al nivel de contenido de humedad indicado en el **inciso 10.7** de este Protocolo.

**10.7.** Las tabletas de leña deberán poseer un contenido de humedad entre 10 y 15% en masa cuando sean utilizadas en las pruebas. Para determinar si el contenido de humedad en las tabletas se podrá efectuar con cualquiera de los Métodos descritos en el **inciso 10.6**, o bien, utilizar medidores manuales eléctricos, ya sean de resistencia o dieléctricos, pero con capacidad de medir el contenido de humedad en un intervalo entre 10 y 15% en masa y con división real de escala menor o igual a 0,1% en masa.

**Nota 1:** La determinación del contenido de humedad real de la madera durante las pruebas (ver **inciso 11.6**), será efectuada únicamente por alguno de los métodos de secado descritos en el **inciso 10.6**.

**Nota 2:** La presente determinación de humedad no requiere ser rigurosa y podrá efectuarse con instrumentos manuales como se indica en este inciso. Los resultados de contenido de humedad aquí encontrados no deberán utilizarse para cálculos. Los resultados de contenido de humedad encontrados en el **inciso 11.6** deberán ser los utilizados para cálculos.

**10.8.** Después de ajustar el contenido de humedad de la leña dentro del intervalo requerido en el **inciso 10.7**, se determine la densidad o gravedad específica de una muestra utilizando el Método de Referencia:

ASTM **D2395** – 07ae1 – Standard Test Method for Specific Gravity of Wood and Wood-Based Materials.

---

<sup>P</sup> Aún y cuando los efectos en el balance de energía sean cuantificables conociendo el contenido de humedad de la madera, y por ende, normalizables; los efectos del contenido de humedad en la eficiencia y velocidad de combustión no pueden ser aislados matemáticamente y el uso de leña seca reduce las diferencias entre pruebas y Estufas.

La densidad de la madera deberá encontrarse entre 0,65 y 0,78 kg/L, de lo contrario, se deberá cambiar de lote de madera.

**Nota:** Cambios drásticos en la densidad de las tabletas pueden causar diferencias importantes en la velocidad de alimentación de la madera al hogar de la Estufa y quemado de la misma, no obstante, la cuantificación de la energía liberada se realizará en base al peso de la madera quemada, y no en base a su volumen, eliminándose el efecto de distintas densidades en el cálculo de los resultados. El ajustar la densidad dentro de un intervalo minimizará los efectos de la densidad en la forma en que se quema la madera y su posible influencia en el desempeño de las Estufas.

**10.9.** Después de ajustar el contenido de humedad de la leña dentro del intervalo requerido en el **inciso 10.7**, mantenga las tabletas en bolsas selladas tipo Ziplock® o algún contenedor hermético, de tal forma que se evite gane o pierda humedad.

## 11. Procedimientos de Prueba.

### 11.1. Caracterización de la Estufa, Corridas de Práctica y Determinación del Área Efectiva de Cocinado.

**Nota:** Durante las pruebas, deberán estar dentro del laboratorio **únicamente 2 personas** y se deberá evitar abrir la puerta durante la ejecución completa de las pruebas PAPP, PAPP y PCAC (ver **inciso 11.3**).

**11.1.1.** Mida y registre en la **Forma 1** las siguientes dimensiones y características de la Estufa:

- a. Marca, Nombre, Número de ID, Modelo, Número de Serie (lo que aplique);
- b. Tipo de Estufa (Fabricación: Pre-Fabricada / De fabricación en Sitio) (Ensamblado: Pre-Ensamblada / De ensamble en Sitio);
- c. Número de Planchas identificándolas en un diagrama como superficies 'A', 'B', 'C'... y así sucesivamente;  
**Nota 1:** La Plancha 'A' es considerada como la principal superficie de cocinado de la Estufa.  
**Nota 2:** Cuando la Estufa posea más de 1 Plancha, se deberá de seleccionar como la Plancha 'A' a aquella que sea la principal superficie para cocinado utilizando los siguientes criterios (en este orden): (1) aquella que sea la Plancha en la que los gases de combustión y/o flama impactan primero; (2) aquella que posea mayor Superficie Nominal de Cocinado, y; (3) aquella que se ubique más cercana al Hogar de Combustión; cuando existan 2 o más Planchas que cumplan con los 3 criterios por igual, se podrá seleccionar arbitrariamente cualquiera de ellas como la Plancha 'A'.
- d. Superficie Nominal de Cocinado (SNC) en cm<sup>2</sup> de cada Plancha;  
**Nota:** La Superficie Nominal de Cocinado deberá medirse para toda la parte plana que pueda recibir un recipiente de fondo plano sin que este se incline. Cuando la Plancha posea alguna hendidura, ceja o doblez (a sobre- o bajo-relieve), en la orilla de la Plancha, este espacio no deberá ser considerado como parte de la SNC.
- e. Espesor (en el centro) de cada Plancha;
- f. Altura de la Superficie de Cocinado con respecto al suelo;
- g. Dimensiones transversales de la Boca del Hogar de Combustión;
- h. Número de Hogares de Combustión;
- i. Dimensiones del Hogar de Combustión;
- j. Dimensiones transversales de la boca de entrega de humos a Chimenea
- k. Número de bocas de entrega de humos;
- l. Descripción de los Materiales de Construcción de la Estufa incluyendo el cuerpo, aislante, superficie de cocinado.
- m. Detalles de instalación;
- n. Longitud de Chimenea (tramo recto sin perturbaciones);
- o. Descripción y dimensiones de la conversión geométrica, reducción y/o ampliación para unir la Estufa con la Chimenea (lo que aplique), y;
- p. Otros detalles de fabricación e instalación de la Estufa.

**11.1.2.** Pruebas preliminares para práctica. Realice una Prueba de Alta Potencia en Frío, una Prueba de Alta Potencia en Caliente y una Prueba de Calentamiento Constante, para familiarizarse con la Estufa. Registre cualquier observación que considere importante para la interpretación de resultados futura. Modifique cualquier práctica que sea necesaria antes de efectuar las corridas formales (**incisos 11.3 a 11.5**).

**11.1.3.** Durante la Prueba de Calentamiento Constante, determine la Superficie Efectiva de Cocinado (SEC) siguiendo el siguiente procedimiento:

**11.1.3.1.** Divida cada Plancha en una matriz de 6 secciones por 6 secciones iguales (ver **Figura 3**), de tal forma que existan 49 nodos en total ( $N_T$ ). Cuando la superficie es circular, únicamente 29 de los 49 nodos caen sobre la superficie de cocinado ( $N_T = 29$ ), y cuando la superficie es rectangular (o cuadrada), los 49 nodos deberán caer sobre la superficie de cocinado ( $N_T = 49$ ). Ver la Figura 3.

**11.1.3.2.** Determine la temperatura superficial en cada nodo que caiga sobre la superficie de cocinado.

**Nota:** Para medir la temperatura se deberá utilizar un sensor de temperatura superficial, ya sea de contacto o rayo, con intervalo de medición de temperatura de al menos **0 a 600°C** y división real de escala menor o igual a 1°C. La última calibración realizada en el sensor de temperatura deberá haberse efectuado en un periodo no mayor a **365 días**. La calibración deberá poseer trazabilidad a Unidades SI y haber sido efectuada por un laboratorio acreditado que manifieste esta trazabilidad. Cuando el error de calibración sea mayor a 1°C, los resultados de temperatura medida deberán ser corregidos por el error de calibración. La calibración del sensor deberá efectuarse al menos en un punto ubicado entre **100 y 300°C**.

**11.1.3.3.** Determine el número de nodos que registraron temperatura por debajo de  $200^{\circ}\text{C}$  ( $N_b$ ) y calcule la Superficie Efectiva de Cocinado de cada Plancha haciendo uso de la **Ecuación 1**.

**11.1.3.4.** Determine el nodo o conjunto de nodos que registraron la temperatura más alta en cada Plancha. Para la Plancha 'A', se deberán designar el/los punto(s) o zona(s) de mayor temperatura para ubicar el/los recipiente(s) de agua durante las pruebas de desempeño energético.

## 11.2. Enfriamiento Inicial.

**11.2.1.** Después de instalar la Estufa y haber efectuado las pruebas preliminares de práctica, permita que se enfríe completamente la Estufa de tal forma que la temperatura en la zona más caliente de las Planchas (ver inciso 11.1.3.4) y en las paredes interiores y piso del Hogar de Combustión, se encuentren todas dentro de  $\pm 3^{\circ}\text{C}$  el valor de la temperatura ambiente.

**11.2.2.** Para aquellos casos que se considere necesario, la Estufa podrá ser enfriada utilizando medios adicionales de apoyo como ventilación, acondicionamiento a baja temperatura del laboratorio, etcétera.

**11.2.3.** Antes de comenzar la primer Prueba (Prueba de Alta Potencia en Frío), la temperatura ambiental del laboratorio deberá encontrarse en  $25 \pm 5^{\circ}\text{C}$  (ver inciso 8.2.8).

## 11.3. Pruebas para Evaluación del Desempeño Energético.

### 11.3.1. Selección del Recipiente para la Prueba de Desempeño Energético.

**11.3.1.1.** Los vasos de precipitados a utilizar en estas pruebas deberán cumplir con la especificación Tipo I de la ASTM E 960 – 93 (Reapproved 2008).

**11.3.1.2.** Seleccione de la Tabla 2 el tamaño y cantidad de vasos de precipitados a utilizar en función a la Superficie Efectiva de Cocinado de la Plancha A ( $\text{SEC}_A$ ).

Tabla 2: Tamaño y Cantidades de Vasos de Precipitados Tipo I de acuerdo al ASTM E 960 – 93 (Reapproved 2008)					
Superficie Efectiva de Cocinado de la Plancha A ( $\text{SEC}_A$ ) ( $\text{cm}^2$ )	Tamaño de Vaso de acuerdo a ASTM E 960 – 93 (Reapproved 2008)	Número de Vasos Requeridos	Capacidad ( $\text{cm}^3$ )	Diámetro Externo del Cuerpo (mm)	Altura Máxima (mm)
380 – 433	11	1	1 000	$108 \pm 3$	160
434 – 510	12	1	1 500	$120 \pm 3$	180
511 – 637	13	1	2 000	$130 \pm 3$	200
638 – 779	14	1	3 000	$146 \pm 3$	225
780 – 1 046	15	1	4 000	$161 \pm 4$	260
1 047 – 1 352	13	2	2 000	$130 \pm 3$	200
1 353 – 1 697	14	2	3 000	$146 \pm 3$	225
1 698 – 2 002	15	2	4 000	$161 \pm 4$	260
2 003 – 2 506	14	3	3 000	$146 \pm 3$	225
2 507 – 3 166	15	3	4 000	$161 \pm 4$	260
3 167 – 4 127	15	4	4 000	$161 \pm 4$	260
4 128 – 5 027	15	5	4 000	$161 \pm 4$	260

**Nota 1:** El tamaño y cantidad de Vasos de Precipitados descrito en la Tabla 2 han sido seleccionados de tal forma que el área nominal de contacto entre el Vaso de Precipitado y la Plancha A, equivalga a entre un 19 y 26% de la  $\text{SEC}_A$ .

**Nota 2:** Mantener proporcional la fracción de  $\text{SEC}_A$  que transfiere calor al recipiente resulta importante para la comparación entre los resultados de Estufas de distinto tamaño y capacidad térmica.

**11.3.1.3.** Identificar cada recipiente como 1, 2, 3 y así sucesivamente.

**Nota:** Cuando solo se utilice un recipiente, este deberá ser identificado como 1.

**11.3.1.4.** Limpie cada recipiente y registre su masa estando completamente vacío.

### 11.3.2. Primer Prueba de Desempeño Energético – Prueba de Alta Potencia en Frío (PAPF).

**11.3.2.1.** Prepare una Forma 2 para la prueba.

**11.3.2.2.** Calcule la cantidad de agua total y cantidad de agua por recipiente (en algunas estufas se utilizarán más de 1 recipiente simultáneamente), utilizando la Ecuación 2A y 2B.

**Nota 1:** La Ecuación 2A asume que se utilizará un volumen de  $2,2 \text{ cm}^3$  de agua por cada  $\text{cm}^2$  de  $\text{SEC}_A$ .

**Nota 2:** La cantidad de agua total a utilizar corresponde al agua que será colocada en el recipiente o conjunto de recipientes para efectuar la Prueba de Alta Potencia en Frío. Esta misma cantidad será utilizada cuando se efectúen las Pruebas de Alta Potencia en Caliente y la de Calentamiento Constante.

**Nota 3:** La cantidad de agua a utilizar por recipiente corresponde a la división del agua total entre el número de recipientes a utilizar en la prueba (ver [Tabla 2](#)).

**11.3.2.3.** El/los vaso(s) de precipitados a utilizar, deberán limpiarse antes de cada prueba. La limpieza deberá incluir un lavado con agua de la red municipal y detergente convencional, con 3 enjuagues al final con agua mono-destilada (o mejor).

**11.3.2.4.** No más de 15 min antes de comenzar la prueba, se deberá llenar el/los recipiente(s) con la cantidad de agua indicada en el [inciso 11.3.2.2](#). Para hacer el llenado de cada recipiente, se deberá<sup>Q</sup>: (1) secar completamente el/los vaso(s) de precipitados; (2) colocarlo sobre un instrumento de pesar con división real de escala de al menos 1 g; (3) registrar la masa de cada recipiente ( $m_1$ ,  $m_2$ , y así sucesivamente); (4) vaciar agua mono-destilada (o mejor) en el recipiente hasta alcanzar la masa requerida para el mismo dentro de  $\pm 10$  g; (5) registrar la masa inicial del recipiente y del agua que contiene ( $m_{H_2O,PAPF,1,j}$ ,  $m_{H_2O,PAPF,2,j}$ , y así sucesivamente) y asegurarse que cuando se requieran 2 o más recipientes en la prueba, la diferencia entre la masa de agua de un recipiente y la de otro no deberá ser mayor a  $\pm 15$  g, y; (6) colocar los recipientes sobre una superficie a temperatura ambiente.

**Nota 1:** Se requiere el uso de una Balanza Clase II con división real de escala menor o igual a 1 g y con intervalo de medición de al menos 0 a 5 000 g. La Balanza deberá calibrarse con frecuencia no mayor a 1 año ante un Laboratorio de Calibración acreditado y que posea trazabilidad a unidades SI a través del CENAM. La Balanza deberá verificarse antes las pruebas haciendo uso de al menos 1 masa certificada con trazabilidad a unidades SI a través del CENAM y que se encuentre en un valor entre los 2 000 y 3 000 g.

**Nota 2:** El agua mono-destilada (o mejor) deberá encontrarse a temperatura ambiente dentro de  $\pm 3^\circ\text{C}$ . Para lograr esto, se recomienda ubicar los contenedores de agua dentro del laboratorio al menos 24 h antes de comenzar la prueba.

**11.3.2.5.** No más de 15 minutos antes de comenzar la Prueba, registre la presión barométrica<sup>R</sup> ( $P_{B,PAPF,i,j}$ ) y temperatura ambiente<sup>S</sup> ( $T_{A,PAPF,i,j}$ ) en el interior del laboratorio.

**11.3.2.6.** Separe aproximadamente 4 500 g de tabletas de leña preparada (ver [inciso 10](#)) y registre su peso con precisión dentro de 1 g haciendo uso de la Balanza descrita en el [inciso 11.3.2.4](#). La leña deberá ser pesada no más de 15 minutos antes de comenzar la prueba ( $m_{LEÑA,PAPF,i,j}$ ). La leña deberá sacarse del recipiente o bolsa en la que se encontraba aislada de la humedad ambiente y colocarse a un lado de la estufa en un recipiente libre de polvo.

**Nota:** Si durante la prueba se requieren mas de 4 500 g se podrá obtener mas leña preparada e incluir su masa dentro de  $m_{LEÑA,PAPF,i,j}$ .

**11.3.2.7.** Del mismo lote de madera, obtenga una muestra de al menos 200 g de leña y colóquela en una bolsa Ziplock® o en recipiente hermético. Esta muestra de leña será utilizada para determinar su contenido de humedad.

**11.3.2.8.** Del mismo lote de madera, obtenga una muestra de al menos 200 g de leña y colóquela en una bolsa Ziplock® o en recipiente hermético. Esta muestra de leña será utilizada para realizar un análisis último de su composición elemental (CHONS).

---

<sup>Q</sup> Durante el procedimiento de pesado se deberán usar buenas prácticas de laboratorio, como: (1) colocar la balanza en una superficie plana y nivelarla, y; (2) evitar interferencias como el viento, vibraciones, campos electromagnéticos, entre otros.

<sup>R</sup> La medición de la presión barométrica deberá efectuarse con un barómetro capaz de medir al menos el intervalo de 68 000 a 102 000 Pa y con división real de escala menor o igual a 100 Pa. La última calibración realizada en el barómetro deberá haberse efectuado en un periodo no mayor a 365 días. La calibración deberá poseer trazabilidad a Unidades SI y haber sido efectuada por un laboratorio acreditado que manifieste esta trazabilidad. Cuando el error de calibración sea mayor a 100 Pa, los resultados de presión barométrica medida deberán ser corregidos por el error de calibración. La calibración del barómetro deberá efectuarse al menos en un punto ubicado entre 68 000 y 102 000 Pa.

<sup>S</sup> La medición de la temperatura del laboratorio deberá efectuarse a una distancia de 30 cm de cualquier muro o puerta y a una altura de  $1,80 \pm 0,20$  m de altura, y evitando que el aire arrojado por el aire acondicionado o sistema de calefacción (cuando aplique) incida directamente sobre el sensor de temperatura. Se deberá utilizar un sensor de temperatura capaz de medir al menos el intervalo de 10 a 50°C y con división real de escala menor o igual a 1°C. La última calibración realizada en el sensor de temperatura deberá haberse efectuado en un periodo no mayor a 365 días. La calibración deberá poseer trazabilidad a Unidades SI y haber sido efectuada por un laboratorio acreditado que manifieste esta trazabilidad. Cuando el error de calibración sea mayor a 1°C, los resultados de temperatura medida deberán ser corregidos por el error de calibración. La calibración del sensor deberá efectuarse al menos en un punto ubicado entre 20 y 30°C.

**11.3.2.9.** Coloque el/los recipiente(s) con agua en la Plancha A. Cuando se requiera de un solo recipiente (ver **Tabla 2**), este deberá ubicarse en la zona de mayor temperatura superficial detectada en la prueba preliminar de Calentamiento Constante (ver **inciso 11.1.3.4**). De igual forma, cuando se requieran 2 o más recipientes, estos deberán ubicarse en las zonas de mayor temperatura.

**11.3.2.10.** Colocar sensores de temperatura en el centro de cada recipiente. Se deberá evitar el uso de sensores de inmersión parcial o total a fin de evitar el efecto de inmersión sobre el resultado de temperatura. Se deberán utilizar sensores de temperatura con el elemento sensor en la punta de la espiga. Se recomienda utilizar termopares tipo K. Ubique la punta del sensor de temperatura a  $3,0 \pm 0,5$  cm del fondo del recipiente. Se podrán utilizar aditamentos para mantener el sensor de temperatura en posición que descansen en las orillas del vaso de precipitados siempre y cuando, la superficie transversal proyectada del objeto no obstruya por más de **20%** la superficie transversal del vaso de precipitados.

**Nota 1:** Los sensores de temperatura deberán ser capaces de medir al menos el intervalo de 0 a 100°C y con división real de escala menor o igual a 0,1°C. La última calibración realizada en cada sensor de temperatura deberá haberse efectuado en un periodo no mayor a 365 días. La calibración deberá poseer trazabilidad a Unidades SI y haber sido efectuada por un laboratorio acreditado que manifieste esta trazabilidad. Cuando el error de calibración sea mayor a 0,1°C, los resultados de temperatura medida deberán ser corregidos por el error de calibración. La calibración del sensor deberá efectuarse al menos en un punto ubicado entre 90 y 100°C.

**Nota 2:** El laboratorio podrá utilizar un único sensor de temperatura que cumpla con las especificaciones descritas en la anterior Nota 1 y utilizarlo para verificar el resto de los sensores de temperatura.

**Nota 3:** Los vasos de precipitados no deberán taparse en ningún momento durante la prueba.

**11.3.2.11.** Registre la temperatura inicial del agua en cada recipiente ( $T_{H_2O,PAPF,1,i,j}$ ,  $T_{H_2O,PAPF,2,i,j}$ ,  $T_{H_2O,PAPF,3,i,j}$ , etcétera) con precisión de 0,1°C (o mejor) y asegúrese que la temperatura entre los distintos recipientes no difiera por más de  $\pm 3,0^\circ\text{C}$  el valor de la temperatura ambiente y  $\pm 5,0^\circ\text{C}$  la temperatura entre los distintos recipientes.

**11.3.2.12.** Coloque leña para comenzar la operación de la Estufa (siguiendo las indicaciones del fabricante cuando así aplique). Para encender la leña se deberá utilizar un tubo de acero o cobre con diámetro entre 4,76 y 6,35 mm (3/16 y 1/4 pulgada respectivamente) y longitud mayor a 50 cm, el cual se deberá conectar a través de una manguera hermética a un tanque de Gas LP o suministro de Gas Natural, de manera que la flama pueda ser dirigida directamente a la madera acomodada en el Hogar de Combustión y posteriormente retirado el tubo.

**Nota 1:** Otros sistemas para encendido podrán ser utilizados previsto que quemen únicamente Gas LP o gas natural.

**Nota 2:** El suministro de gas para el encendido de la leña deberá ser mínimo de manera que se minimice al máximo su influencia en los resultados de desempeño de la Estufa.

**Nota 3:** Durante el encendido asistido de la leña, el suministro de gas deberá realizarse por un **máximo de 2 minutos**. Se deberá procurar utilizar la misma intensidad de flama en todas las pruebas.

**Nota 4:** Una vez encendida la leña, su combustión deberá mantenerse únicamente con suministro de nueva leña y no con otros combustibles (como el uso de gas).

**11.3.2.13.** Una vez que encienda la leña comience a medir el tiempo que transcurre a lo largo de la prueba con precisión de 1 s o mejor.

**11.3.2.14.** Controle el fuego de manera que someta la Estufa a su mayor capacidad de fuego practicable, alimentando leña y atizando cuando considere necesario y procurando calentar agua en los recipientes en la forma más rápida posible. Como atizador utilice alguna pieza metálica o tabletas de la misma madera.

**11.3.2.15.** Registre el tiempo transcurrido ( $\theta_{PAPF,F,i,j} - \theta_{PAPF,I,i,j}$ ) para que la temperatura final en cada recipiente ( $T_{H_2O,PAPF,I,F,j}$ ) haya alcanzado  $T_{B,N} \pm 0,5^\circ\text{C}$ . En caso de que la temperatura del agua en algún recipiente (o todos) no alcance  $T_{B,N} \pm 0,5^\circ\text{C}$  y se establezca por un periodo de **2 min** en un valor inferior determinado, registre el valor de esta temperatura estable.

**11.3.2.16.** Cuando la temperatura del último recipiente haya alcanzado  $T_{B,N} \pm 0,5^\circ\text{C}$ , retire la leña encendida del Hogar y extinga las flamas. Las flamas pueden extinguirse soplando directamente sobre la leña encendida, o colocándolas en un recipiente con

arena. Recuerde que esta es una prueba cuantitativa de manera que se deberá prestar cuidado en no agregar arena o perder madera o cenizas durante estas operaciones. No utilice agua para apagar las flamas.

**11.3.2.17.** Remueva todas las cenizas y carbón de la leña y póngalas en un recipiente destinado para pesar las cenizas previamente tarado.

**11.3.2.18.** Pesar la leña que se retiró del Hogar junto con la leña originalmente pesada que no se haya utilizado (ver inciso 11.3.2.6) y siguiendo las mismas instrucciones de pesado iniciales. La leña deberá ser pesada no más de **15 minutos** después de terminar la prueba. Registrar el peso como  $m_{LEÑA,PAPF,F,j}$ .

**11.3.2.19.** Recupere cuantitativamente toda la ceniza y carbón depositados en el Hogar de Combustión y canales interiores de la Estufa hasta la base de la chimenea (cuando sea posible y necesario), y colóquelos en el recipiente para pesar cenizas donde se colocaron las cenizas y carbón sujetos a la madera (ver inciso 11.3.2.17). Registre el peso neto de cenizas y carbón como  $m_{CENIZAS,PAPF,j}$ .

**11.3.2.20.** Registrar la masa final del recipiente y del agua que contiene ( $m_{H_2O,PAPF,1,F,j}$ ,  $m_{H_2O,PAPF,2,F,j}$ , y así sucesivamente) siguiendo las mismas instrucciones de pesado iniciales (ver inciso 11.3.2.4).

**11.3.2.21.** No más de **15 minutos** después de haber terminado la Prueba, registre la presión barométrica<sup>T</sup> ( $P_{B,PAPF,F,j}$ ) y temperatura ambiente<sup>U</sup> ( $T_{A,PAPF,F,j}$ ) en el interior del laboratorio. Calcule la  $P_B$  y  $T_A$  promedio con los valores registrados al inicio y término de la prueba y regístrelos como  $P_{B,PAPF,j}$  y  $T_{A,PAPF,j}$ . Adicionalmente, calcule  $T_{B,N}$  promedio utilizando la Ecuación 3 y regístrela como  $T_{B,N,PAPF,j}$ .

**11.3.2.22.** Desechar el agua de los recipientes.

**11.3.2.23.** Calcular los indicadores de Desempeño Energético durante la prueba PAPF: (a) Eficiencia Térmica (ver inciso 13.8); (b) Tiempo Necesario Corregido @  $\Delta T = 75^\circ\text{C}$  para Alcanzar Ebullición (ver inciso 13.9), y; (c) Potencia de Fuego (ver inciso 13.10).

**11.3.2.24.** Registre todas las lecturas de prueba requeridas en la **Forma 2**.

### 11.3.3. Segunda Prueba de Desempeño Energético – Prueba de Alta Potencia en Caliente (PAPC).

Inmediatamente después de la prueba PAPF, enfríe los vasos de precipitados con agua y séquelos. Vuelva a repetir las actividades de la prueba PAPF con las siguientes diferencias:

**11.3.3.1.** Se deberá arrancar la prueba PAPC en un lapso no mayor **a 15 min** después de terminada la prueba PAPF.

**11.3.3.2.** Al terminar PAPF y antes de comenzar PAPC, se deberá evitar en la medida de lo posible que la Estufa se enfríe.

**11.3.3.3.** Una vez colocados el/los recipiente(s) sobre la Plancha A, se deberá iniciar la prueba PAPC en un tiempo no mayor a **2 min**.

**11.3.3.4.** Se deberá registrar la temperatura del agua en cada recipiente al inicio de la prueba con precisión de  $0,1^\circ\text{C}$  (o mejor), no obstante, los criterios de  $\pm 3,0$  y  $\pm 5,0^\circ\text{C}$  descritos en el **inciso 11.3.2.11** podrán ser omitidos.

---

<sup>T</sup> La medición de la presión barométrica deberá efectuarse con un barómetro capaz de medir al menos el intervalo de 68 000 a 102 000 Pa y con división real de escala menor o igual a 100 Pa. La última calibración realizada en el barómetro deberá haberse efectuado en un periodo no mayor a 365 días. La calibración deberá poseer trazabilidad a Unidades SI y haber sido efectuada por un laboratorio acreditado que manifieste esta trazabilidad. Cuando el error de calibración sea mayor a 100 Pa, los resultados de presión barométrica medida deberán ser corregidos por el error de calibración. La calibración del barómetro deberá efectuarse al menos en un punto ubicado entre 68 000 y 102 000 Pa.

<sup>U</sup> La medición de la temperatura del laboratorio deberá efectuarse a una distancia de 30 cm de cualquier muro o puerta y a una altura de  $1,80 \pm 0,20$  m de altura, y evitando que el aire arrojado por el aire acondicionado o sistema de calefacción (cuando aplique) incida directamente sobre el sensor de temperatura. Se deberá utilizar un sensor de temperatura capaz de medir al menos el intervalo de 10 a  $50^\circ\text{C}$  y con división real de escala menor o igual a  $1^\circ\text{C}$ . La última calibración realizada en el sensor de temperatura deberá haberse efectuado en un periodo no mayor a 365 días. La calibración deberá poseer trazabilidad a Unidades SI y haber sido efectuada por un laboratorio acreditado que manifieste esta trazabilidad. Cuando el error de calibración sea mayor a  $1^\circ\text{C}$ , los resultados de temperatura medida deberán ser corregidos por el error de calibración. La calibración del sensor deberá efectuarse al menos en un punto ubicado entre  $20$  y  $30^\circ\text{C}$ .

**11.3.3.5.** Al terminar la prueba, el/los recipiente(s) deberán ser colocados sobre una plancha térmica para mantener su temperatura lo más cercana posible a  $T_{B,N}$  sin provocar ebullición. Se deberán tapar los recipientes a fin de minimizar la pérdida de agua.

**11.3.3.6.** Realice los pasos requeridos para apagar la leña, pesar la masa de leña remanente, recuperar y pesar las cenizas y carbón. Deberá omitirse abrir la Estufa para remover cenizas y carbón dentro de la Estufa a fin de evitar que esta se enfríe. Se deberán recuperar únicamente las cenizas y carbón depositados directamente en la parte del Hogar que permita el acceso desde el exterior.

**11.3.3.7.** Calcular los indicadores de Desempeño Energético durante la prueba PAPC: (a) Eficiencia Térmica (ver inciso 13.8); (b) Tiempo Necesario Corregido @  $\Delta T = 75^{\circ}\text{C}$  para Alcanzar Ebullición (ver inciso 13.9), y; (c) Potencia de Fuego (ver inciso 13.10).

**11.3.3.8.** Registre todas las lecturas de prueba requeridas en la **Forma 2**.

#### **11.3.4. Tercera Prueba de Desempeño Energético – Prueba de Calentamiento Constante (PCAC).**

**Nota:** Esta parte de las pruebas de desempeño energético está diseñada para evaluar la habilidad de la Estufa para pasar a un modo de operación de baja potencia después de haber sido operada en alta potencia, a fin de simular cocinado a fuego lento.

**11.3.4.1.** Se deberá arrancar la prueba PCAC en un lapso no mayor a **10 min** después de terminada la prueba PAPC.

**11.3.4.2.** Registrar el peso inicial de los recipientes con agua caliente y colocarlos en la misma posición de la Plancha A utilizada para PAPF y PAPC. Utilizar las mismas prácticas de pesado descritas para PAPF y PCAC.

**Nota:** Los vasos de precipitados con agua pueden haber perdido algo de masa por evaporación en el tiempo transcurrido entre la pesada final de la PAPC y el inicio de la PCAC; por esta razón deberán ser pesados inmediatamente antes de colocarlos sobre la Plancha para el inicio de la PCAC.

**11.3.4.3.** No más de **15 minutos** antes de comenzar la Prueba, registre la presión barométrica<sup>V</sup> ( $P_B$ ) y temperatura ambiente<sup>W</sup> ( $T_A$ ) en el interior del laboratorio.

**11.3.4.4.** Colocar los sensores de temperatura en los recipientes de igual forma que en PAPF y PAPC.

**11.3.4.5.** Colocar la leña recientemente apagada de la prueba PAPC en el Hogar y encenderla utilizando el mismo procedimiento de encendido descrito en PAPF.

**11.3.4.6.** Ajustar a ceros el cronómetro y encienda la leña, arrancar el cronómetro para registrar el tiempo transcurrido durante la prueba.

**11.3.4.7.** Ajuste el fuego de manera que se mantenga la temperatura del agua en el recipiente que muestre la mayor temperatura, lo más cercanamente posible a **3°C** por debajo de  $T_{B,N}$ . Mantenga esta condición durante 45 min, o bien, hasta que el nivel del agua en el recipiente (o en cualquiera de los recipientes) se reduzca a un **70%** del la altura original. Registre la temperatura cada 5 minutos.

**Nota 1:** Es aceptable que la temperatura varíe, no obstante: (a) el operador deberá tratar de mantener el agua lo más cercanamente posible a **3°C** por debajo de la  $T_{B,N}^X$ , y; (b) la prueba será invalidada si la temperatura del agua en el recipiente de mayor temperatura queda por debajo de **6°C** el valor de  $T_{B,N}$ .

---

<sup>V</sup> La medición de la presión barométrica deberá efectuarse con un barómetro capaz de medir al menos el intervalo de 68 000 a 102 000 Pa y con división real de escala menor o igual a 100 Pa. La última calibración realizada en el barómetro deberá haberse efectuado en un periodo no mayor a 365 días. La calibración deberá poseer trazabilidad a Unidades SI y haber sido efectuada por un laboratorio acreditado que manifieste esta trazabilidad. Cuando el error de calibración sea mayor a 100 Pa, los resultados de presión barométrica medida deberán ser corregidos por el error de calibración. La calibración del barómetro deberá efectuarse al menos en un punto ubicado entre 68 000 y 102 000 Pa.

<sup>W</sup> La medición de la temperatura del laboratorio deberá efectuarse a una distancia de 30 cm de cualquier muro o puerta y a una altura de **1,80 ± 0,20 m** de altura, y evitando que el aire arrojado por el aire acondicionado o sistema de calefacción (cuando aplique) incida directamente sobre el sensor de temperatura. Se deberá utilizar un sensor de temperatura capaz de medir al menos el intervalo de 10 a 50°C y con división real de escala menor o igual a 1°C. La última calibración realizada en el sensor de temperatura deberá haberse efectuado en un periodo no mayor a 365 días. La calibración deberá poseer trazabilidad a Unidades SI y haber sido efectuada por un laboratorio acreditado que manifieste esta trazabilidad. Cuando el error de calibración sea mayor a 1°C, los resultados de temperatura medida deberán ser corregidos por el error de calibración. La calibración del sensor deberá efectuarse al menos en un punto ubicado entre 20 y 30°C.

**Nota 2:** El operador podrá marcar el nivel original del agua en cada recipiente y marcar el **70%** de este nivel como referencia para suspender la PCAC.

**11.3.4.8.** Al terminar los 45 min, ejecute rápidamente los siguientes pasos:

- Registre la temperatura del agua en cada recipiente (para el caso del recipiente de mayor temperatura se deberá cumplir con el criterio de 3°C por debajo de  $T_{B,N}$ );
- Retire la leña encendida del Hogar y extinga las flamas. Las flamas pueden extinguirse soplando directamente sobre la leña encendida, o colocándolas en un recipiente con arena. Recuerde que esta es una prueba cuantitativa de manera que se deberá prestar cuidado en no agregar arena o perder madera o cenizas durante estas operaciones. No utilice agua para apagar las flamas. Remueva todas las cenizas y carbón de la leña y póngalas en un recipiente destinado para pesar las cenizas;
- Pesar la leña que se retiró del Hogar junto con la leña originalmente pesada que no se haya utilizado (ver inciso 11.3.2.6) y siguiendo las mismas instrucciones de pesado iniciales. La leña deberá ser pesada no más de 15 minutos después de terminar la prueba. Registrar el peso como  $m_{LEÑA,PCAC,F,j}$ ;
- Recupere cuantitativamente toda la ceniza y carbón depositados en el Hogar de Combustión y canales interiores de la Estufa hasta la base de la chimenea (cuando sea posible y necesario), y colóquelos en el recipiente para pesar cenizas donde se colocaron las cenizas y carbón sujetos a la madera;
- Registrar la masa final del recipiente y del agua que contiene ( $m_{H_2O,PCAC,A,F}$ ,  $m_{H_2O,PCAC,B,F}$ , y así sucesivamente) siguiendo las mismas instrucciones de pesado iniciales (ver inciso 11.3.2.4).
- No más de **15 minutos** después de haber terminado la Prueba, registre la presión barométrica<sup>Y</sup> ( $P_{B,PCAC,F,j}$ ) y temperatura ambiente<sup>Z</sup> ( $T_{A,PCAC,F,j}$ ) en el interior del laboratorio. Calcule la  $P_B$  y  $T_A$  promedio con los valores registrados al inicio y término de la prueba y regístrelos como  $P_{B,PCAC,j}$  y  $T_{A,PCAC,j}$ . Adicionalmente, calcule  $T_{B,N}$  promedio utilizando la Ecuación 3 y regístrela como  $T_{B,N,PCAC,j}$ .
- Desechar el agua de los recipientes.
- Calcular los indicadores de Desempeño Energético durante la prueba PAPP: (a) Eficiencia Térmica (ver inciso 13.8); (b) Potencia de Fuego (ver inciso 13.10), y; (c) Índice de Reducción de Potencia de Fuego (ver inciso 13.11).

**11.3.4.9.** Registre todas las lecturas de prueba requeridas en la **Forma 2**.

#### 11.4. Pruebas para Evaluación del Desempeño Micro-Ambiental.

**11.4.1.** Las pruebas para Desempeño Micro-Ambiental deberán efectuarse en forma simultánea a la PAPP, PAPP y PCAC.

**11.4.2.** El operador deberá arrancar y apagar las bombas de muestreo y/o monitores<sup>AA</sup> durante las etapas de ejecución de cada prueba respectivamente. Una vez encendida la flama en cada prueba, las bombas de muestreo deberán ser encendidas. Cuando cada prueba termine y antes de sacar la madera encendida para apagarla (**máximo un minuto antes**), se deberán apagar las bombas de muestreo para evitar interferencia en los resultados.

**Nota:** Los resultados de concentración promedio serán representativos de las tres pruebas en conjunto (secuencia de corridas PAPP → PAPP → PCAC) y no para cada prueba en particular.

---

<sup>X</sup> Muchas Estufas carecen de características que habiliten la manipulación de la intensidad del fuego. El operador podrá encontrar imposible el mantener la temperatura relativamente constante, o bien, mantener la temperatura sin que se apague el fuego. En este último caso, el operador podrá utilizar la menor cantidad de leña posible para lograr mantenerla encendida, lo cual seguramente rebasará el criterio de 3°C por debajo de  $T_{B,N}$ . Cualquiera que sea el caso, el operador no deberá reducir el tamaño de las tabletas de madera para intentar una menor capacidad de fuego.

<sup>Y</sup> La medición de la presión barométrica deberá efectuarse con un barómetro capaz de medir al menos el intervalo de 68 000 a 102 000 Pa y con división real de escala menor o igual a 100 Pa. La última calibración realizada en el barómetro deberá haberse efectuado en un periodo no mayor a 365 días. La calibración deberá poseer trazabilidad a Unidades SI y haber sido efectuada por un laboratorio acreditado que manifieste esta trazabilidad. Cuando el error de calibración sea mayor a 100 Pa, los resultados de presión barométrica medida deberán ser corregidos por el error de calibración. La calibración del barómetro deberá efectuarse al menos en un punto ubicado entre 68 000 y 102 000 Pa.

<sup>Z</sup> La medición de la temperatura del laboratorio deberá efectuarse a una distancia de 30 cm de cualquier muro o puerta y a una altura de **1,80 ± 0,20 m** de altura, y evitando que el aire arrojado por el aire acondicionado o sistema de calefacción (cuando aplique) incida directamente sobre el sensor de temperatura. Se deberá utilizar un sensor de temperatura capaz de medir al menos el intervalo de 10 a 50°C y con división real de escala menor o igual a 1°C. La última calibración realizada en el sensor de temperatura deberá haberse efectuado en un periodo no mayor a 365 días. La calibración deberá poseer trazabilidad a Unidades SI y haber sido efectuada por un laboratorio acreditado que manifieste esta trazabilidad. Cuando el error de calibración sea mayor a 1°C, los resultados de temperatura medida deberán ser corregidos por el error de calibración. La calibración del sensor deberá efectuarse al menos en un punto ubicado entre 20 y 30°C.

<sup>AA</sup> Cuando se utilicen monitores continuos con registro de datos digital o análogo automático, estos no requerirán ser apagados durante el cambio de una prueba a otra. En estos casos, se deberán depurar los resultados de concentración de manera que se eliminen los periodos entre pruebas, de tal forma que los promedios sean reflejo de los resultados únicamente durante las pruebas PAPP, PAPP y PCAC.

11.4.3. Los contaminantes a medir son:

- PT (=) Partículas Totales
- PM<sub>10</sub> (=) Partículas con Diámetro Aerodinámico menor a 10 µm
- PM<sub>2,5</sub> (=) Partículas con Diámetro Aerodinámico menor a 2,5 µm
- CO (=) Monóxido de Carbono

11.4.4. El métrico a medir de cada contaminante en cada punto de muestreo es concentración en aire ambiente. La concentración deberá ser expresada en dos formas: (a) µg/m<sup>3</sup> @ condiciones actuales<sup>BB</sup>, y; (b) µg/m<sup>3</sup> @ condiciones normales<sup>CC</sup>.

**Nota:** Los resultados de concentración a condiciones actuales son necesarios para evaluar el riesgo de exposición, no obstante, no permiten comparar resultados entre pruebas efectuadas a distintas condiciones de temperatura y presión (por ejemplo, pruebas efectuadas en dos laboratorios con distinta elevación con respecto al nivel del mar). Por esta razón, se deberán utilizar los datos a condiciones actuales para fines de evaluación del riesgo o grado de exposición a contaminantes, y los datos a condiciones normales para comparar resultados entre distintas Estufas y/o laboratorios de prueba.

11.4.5. Debido a la diversa variedad de métodos existentes para la medición de los contaminantes descritos en el **inciso 11.4.3**, el usuario podrá optar por seleccionar el Método de Referencia que desee siempre y cuando este cumpla con lo siguiente:

- a. Se deberán utilizar Métodos publicados por organizaciones reconocidas;
- b. Se deberá omitir el uso de Métodos Pasivos;
- c. Se podrán utilizar Métodos de enriquecimiento/integrales<sup>DD</sup>, de medición continua<sup>EE</sup> y/o de acumulación de muestra<sup>FF</sup>;

**Nota 1:** Para las mediciones de Partículas Totales, PM<sub>10</sub> y PM<sub>2,5</sub>, se deberán utilizar métodos de enriquecimiento/integrales.

**Nota 2:** Para la medición de CO se podrán utilizar Métodos de enriquecimiento/integrales, de medición continua y/o de acumulación de muestra.

11.4.6. Para aquellos métodos en los que la cuantificación de las partículas capturadas (ya sea PT, PM<sub>10</sub> o PM<sub>2,5</sub>) se realice mediante la comparación entre la masa inicial y final de algún dispositivo de captura (por ejemplo, un filtro), se deberá utilizar un instrumento de pesado con capacidad máxima de pesado que rebase por al menos 1,1 veces la masa total a pesar (por ejemplo, filtro mas muestra) y con división real de escala menor o igual a 10 µg (Clase de Exactitud tipo I – Especial; de conformidad con la NOM-010-SCFI-1994). El instrumento de pesar deberá calibrarse con frecuencia no mayor a 1 año ante un Laboratorio de Calibración acreditado y que posea trazabilidad a unidades SI a través del CENAM. La Balanza deberá verificarse antes de las pruebas haciendo uso de al menos 1 masa certificada con trazabilidad a unidades SI a través del CENAM y que se encuentre en un valor dentro de ± 50% la masa promedio a pesar (por ejemplo, el peso de un filtro vacío).

11.4.7. La descarga de todos los muestreadores y/o analizadores, deberá canalizarse al exterior del laboratorio. El paso de las líneas de muestra deberá sellarse.

11.4.8. Los métodos seleccionados deberán cumplir con los criterios de desempeño indicados en la **Tabla 3**.

Tabla 3: Criterios de Desempeño para Métodos Utilizados para la Evaluación del Desempeño Micro-Ambiental.						
Contaminante	Tipos de Métodos	Desviación	Precisión <sup>GG</sup>	Intervalo de Medición <sup>HH</sup>	Límite de Cuantificación <sup>II</sup>	Sensibilidad <sup>JJ</sup>

<sup>BB</sup> La calibración de los muestreadores y/o analizadores, deberá efectuarse a condiciones actuales de presión y temperatura en el laboratorio.

<sup>CC</sup> Concentración expresada a condiciones normales de presión y temperatura (101 325 Pa y 298 K).

<sup>DD</sup> Métodos que enriquecen algún medio de captura (p.e. filtro, resina de adsorción, solución de absorción, etc), haciendo pasar gas muestra a través del medio durante un periodo predeterminado de tiempo y/o volumen de gas muestra deseado. La masa total del analito (contaminante) acumulada en el medio de captura es posteriormente cuantificada por técnicas de medición analítica y el métrico de concentración es calculado dividiendo la masa del analito entre el volumen de gas muestreado.

<sup>EE</sup> Métodos que hacen pasar gas muestra a través de un detector sensible al analito (contaminante) el cual genera una lectura continua o semi-continua igual o proporcional a la concentración del analito. La concentración es medida en tiempo real y el registro de los datos puede realizarse en intervalos pequeños de tiempo (p.e. 1 s, 60 s) de manera que la concentración promedio puede calcularse al término de una prueba.

<sup>FF</sup> Métodos que acumulan gas muestra en algún dispositivo de volumen apropiado para posteriormente analizar el gas muestra con alguna técnica capaz de determinar la concentración de un analito (contaminante).

<sup>GG</sup> Porcentaje con respecto a la Desviación Normal Relativa (DNR).

<sup>HH</sup> Las concentraciones en µg/m<sup>3</sup> y mg/m<sup>3</sup> se encuentran referidas a condiciones actuales de presión y temperatura.

Tabla 3: Criterios de Desempeño para Métodos Utilizados para la Evaluación del Desempeño Micro-Ambiental.						
Contaminante	Tipos de Métodos	Desviación	Precisión <sup>GG</sup>	Intervalo de Medición <sup>HH</sup>	Límite de Cuantificación <sup>II</sup>	Sensibilidad <sup>JJ</sup>
PT	Enriquecimiento/Integrales	70 a 130%	≤ 50% DNR	De: 42 µg/m <sup>3</sup> o menor A: 210 mg/m <sup>3</sup> o mayor	≤ 42 µg/m <sup>3</sup>	≤ 10 µg/m <sup>3</sup>
PM <sub>10</sub>	Enriquecimiento/Integrales	70 a 130%	≤ 50% DNR	De: 24 µg/m <sup>3</sup> o menor A: 120 mg/m <sup>3</sup> o mayor	≤ 24 µg/m <sup>3</sup>	≤ 10 µg/m <sup>3</sup>
PM <sub>2,5</sub>	Enriquecimiento/Integrales	70 a 130%	≤ 50% DNR	De: 13 µg/m <sup>3</sup> o menor A: 65 mg/m <sup>3</sup> o mayor	≤ 13 µg/m <sup>3</sup>	≤ 10 µg/m <sup>3</sup>
CO	Enriquecimiento/Integrales, Medición Continua o De Almacenamiento	70 a 130%	≤ 50% DNR	De: 2 µmol/mol o menor A: 13 µmol/mol o mayor	≤ 2 µmol/mol	≤ 1 µmol/mol

**Nota:** Es importante considerar que el uso de Métodos de alto volumen (por ejemplo, muestreo a flujos mayores a 750 L/min), puede provocar que tres muestreadores operando simultáneamente durante 90 minutos de prueba, evacúen al menos una vez el volumen total del laboratorio. A fin de minimizar efectos sobre el tiro natural de la Estufa, la selección de los Métodos deberá garantizar que en suma, todos los muestreadores y/o monitores utilizados para evaluar el desempeño micro-ambiental, no rebasen una velocidad de **0,8 m/s** en el filtro de la puerta del Laboratorio. Lo anterior podrá calcularse sumando el flujo volumétrico (a condiciones actuales) al que cada muestreador y/o monitor será operado, y dividirlo entre el área transversal libre de filtro ubicada en la puerta del laboratorio (ver **inciso 8.2.4**).

**11.4.9.** Se deberán instalar 3 muestreadores o monitores por contaminante durante cada prueba<sup>KK</sup>. La ubicación del Sitio de Muestreo para colocar el dispositivo de toma de muestra de cada muestreador o monitor deberá ubicarse a **45 ± 3 cm** de altura con respecto a la superficie de la Plancha A, y alineados dentro de **± 3 cm** con respecto al centro de la plancha por encima del hogar y por los dos lados colindantes. La separación con respecto a la orilla de la Plancha A en dirección horizontal deberá ser de **20 ± 3 cm**. La Figura 4 muestra un diagrama con la ubicación de los tres Sitios de Muestreo para Micro-Ambiente. Los tres Sitios de Muestreo serán denominados como (ver Figura 4):

Sitio de Muestreo A:	Parte frontal de la Estufa
Sitio de Muestreo B:	Costado izquierdo de la Estufa
Sitio de Muestreo C:	Costado derecho de la Estufa

**11.4.10.** El agrupamiento de sondas o dispositivos de toma de muestra puede ser considerable. Se deberá evitar que objetos intervengan entre la fuente emisora (Estufa) y el punto de toma de muestra. Cuando el elemento de toma de muestra sea considerablemente grande como para cumplir con las especificaciones del inciso anterior, se podrá manipular la ubicación con respecto al centro de la Plancha A de **± 3 cm**, hasta **± 10 cm**, siempre y cuando las especificaciones de ubicación de altura (**45 ± 3 cm**) y distancia de la Plancha A (**20 ± 3 cm**) sean mantenidas.

**11.4.11.** El dispositivo de toma de muestra deberá ser orientado en forma perpendicular a la superficie de la Plancha A. Esto es, si el dispositivo es por ejemplo un filtro, el área superficial del filtro deberá ubicarse en forma perpendicular y con su superficie de filtrado viendo hacia la Estufa. Del mismo modo, si el dispositivo de toma de muestra es por ejemplo una sonda, su orientación deberá ser tal que su superficie transversal de flujo este en posición vertical. La Figura 5 muestra ejemplos de orientación.

**Nota:** Cualquier desviación a este requisito deberá ser documentada para fines de interpretación de resultados.

**11.4.12.** Se deberán utilizar los registros sugeridos por los Métodos seleccionados, o bien, diseñar registros que incluyan tanto lo propuesto por los Métodos seleccionados, como otro tipo de información propia de este Protocolo que permita garantizar atribución de responsabilidades, rastreabilidad de la información, trazabilidad y objetividad de los resultados, y detalles de la metodología utilizada.

<sup>II</sup> Las concentraciones en µg/m<sup>3</sup> se encuentran referidas a condiciones actuales de presión y temperatura.

<sup>JJ</sup> Las concentraciones en µg/m<sup>3</sup> se encuentran referidas a condiciones actuales de presión y temperatura.

<sup>KK</sup> Esto es, 3 para PT, 3 para PM<sub>10</sub>, 3 para PM<sub>2,5</sub> y tres para CO.

### 11.5. Pruebas para Evaluación de Desempeño Ambiental.

11.5.1. Las pruebas para Desempeño Ambiental deberán efectuarse en forma simultánea a la PAFP, PAPC y PCAC.

11.5.2. Los contaminantes y compuestos a medir son:

- CO<sub>2</sub> (=) Bióxido de Carbono
- O<sub>2</sub> (=) Oxígeno
- H<sub>2</sub>O (=) Agua (en fase gaseosa)
- CO (=) Monóxido de Carbono
- COT (=) Compuestos Orgánicos Gaseosos Totales
- CH<sub>4</sub> (=) Metano
- N<sub>2</sub>O (=) Oxido Nitroso

11.5.3. Se deberán utilizar Métodos instrumentales de medición continua para la determinación de todos los contaminantes y compuestos descritos en el inciso anterior. Los Métodos a utilizar deberán ser los indicados en la **Tabla 4**.

Tabla 4: Métodos Normalizados para la Evaluación del Desempeño Ambiental.		
Contaminante	Método Normalizado <sup>LL,MM</sup>	Internet
CO <sub>2</sub>	USEPA NSPS RM 3A	<a href="http://www.epa.gov/ttn/emc/promgate.html">http://www.epa.gov/ttn/emc/promgate.html</a>
	o	o
O <sub>2</sub>	ASTM D 6348 – 03	<a href="http://www.astm.org/Standard/index.shtml">http://www.astm.org/Standard/index.shtml</a>
	USEPA NSPS RM 3A	<a href="http://www.epa.gov/ttn/emc/promgate.html">http://www.epa.gov/ttn/emc/promgate.html</a>
H <sub>2</sub> O	o	<a href="http://www.epa.gov/ttn/emc/promgate.html">http://www.epa.gov/ttn/emc/promgate.html</a>
	USEPA CTM 34 <sup>NN</sup>	<a href="http://www.astm.org/Standard/index.shtml">http://www.astm.org/Standard/index.shtml</a>
CO	ASTM D 6348 – 03	<a href="http://www.epa.gov/ttn/emc/promgate.html">http://www.epa.gov/ttn/emc/promgate.html</a>
	USEPA NSPS RM 10	o
	o	<a href="http://www.astm.org/Standard/index.shtml">http://www.astm.org/Standard/index.shtml</a>
COT	USEPA CTM 30 <sup>OO</sup>	<a href="http://www.epa.gov/ttn/emc/promgate.html">http://www.epa.gov/ttn/emc/promgate.html</a>
	o	o
	ASTM D 6348 – 03	<a href="http://www.astm.org/Standard/index.shtml">http://www.astm.org/Standard/index.shtml</a>
CH <sub>4</sub>	USEPA NSPS RM 25A	<a href="http://www.epa.gov/ttn/emc/promgate.html">http://www.epa.gov/ttn/emc/promgate.html</a>
	o	o
N <sub>2</sub> O	ASTM D 6348 – 03	<a href="http://www.astm.org/Standard/index.shtml">http://www.astm.org/Standard/index.shtml</a>
	o	<a href="http://www.astm.org/Standard/index.shtml">http://www.astm.org/Standard/index.shtml</a>

11.5.4. Los analizadores instrumentales deberán ser calibrados y su desempeño evaluado conforme a las especificaciones de estos Métodos. Todas las calibraciones y pruebas de desempeño deberán efectuarse antes de comenzar la PAFP y después de la PCAC. Durante la ejecución de una secuencia PAFP → PAPC → PCAC, los analizadores deberán estar operando continuamente, sin interrupción y sin ser recalibrados, extrayendo gases de la chimenea.

11.5.5. Se deberán utilizar sistemas de adquisición de datos digitales y/o análogos automáticos. Los datos deberán ser depurados de manera que se eliminen los periodos entre pruebas, de tal forma que los promedios sean reflejo de los resultados únicamente durante las pruebas PAFP, PAPC y PCAC.

**Nota:** Los resultados de concentración promedio serán representativos de las tres pruebas en conjunto (secuencia de pruebas PAFP → PAPC → PCAC) y no para cada prueba en particular.

11.5.6. Se deberán utilizar intervalos de toma y registro de datos menores o iguales a **1 min.**

<sup>LL</sup> Nomenclatura: USEPA (=) United States Environmental Protection Agency / NSPS (=) New Source Performance Specifications / RM (=) Reference Method / ASTM (=) ASTM International / D (=) Métodos de la Serie D del ASTM.

<sup>MM</sup> En todos los casos se deberá utilizar la versión mas vigente del Método Normalizado.

<sup>NN</sup> Método basado en análisis por Celda Electroquímica. Este principio de medición ofrece economía y facilidad de uso, no obstante, posee un alto potencial de error. En caso de utilizar este Método, se deberán seguir al pie de la letra y en su totalidad, todos los procedimientos de control de calidad, calibración y verificación del instrumento.

<sup>OO</sup> Método basado en análisis por Celda Electroquímica. Este principio de medición ofrece economía y facilidad de uso, no obstante, posee un alto potencial de error. En caso de utilizar este Método, se deberán seguir al pie de la letra y en su totalidad, todos los procedimientos de control de calidad, calibración y verificación del instrumento.

11.5.7. El métrico a medir de cada contaminante y compuesto es concentración en los gases de combustión. El promedio aritmético de los resultados obtenidos para las tres pruebas (PAPF, PAPC y PCAC) deberá ser expresado en las unidades y condiciones de referencia indicadas en la **Tabla 5**.

Tabla 5: Unidades y Condiciones de Referencia para Expresión de Resultados Promedio en Evaluación de Desempeño Ambiental.						
Contaminante	Unidades	Condiciones de Referencia				Especie
		Contenido de Humedad	Temperatura (K)	Presión (Pa)		
CO <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup>	Base Seca	298	101 325		NA
O <sub>2</sub>	cmol/mol	Base Seca	NA	NA		NA
H <sub>2</sub> O	cmol/mol	NA	NA	NA		NA
CO	mg/m <sup>3</sup>	Base Seca	298	101 325		NA
COT	mg/m <sup>3</sup>	Base Seca	298	101 325		como C
CH <sub>4</sub>	mg/m <sup>3</sup>	Base Seca	298	101 325		NA
N <sub>2</sub> O	mg/m <sup>3</sup>	Base Seca	298	101 325		NA

11.5.8. En aquellos casos en los que los Métodos Normalizados de la **Tabla 4** requieran del uso Gases de Calibración (Materiales de Referencia) con trazabilidad a Unidades SI a través del NIST, estos podrán ser substituidos por Gases de Calibración con trazabilidad a Unidades SI a través del CENAM (en caso de así desearse). También, en caso de requerirse Gases de Calibración con un grado específico (por ejemplo, grado protocolo de trazabilidad USEPA), estos podrán ser substituidos por Gases de Calibración con concentración certificada con incertidumbre dentro de  $\pm 2\%$ .

**Nota:** Los gases de calibración grado protocolo de trazabilidad EPA no son comúnmente encontrados en el mercado Mexicano de manera que es común que estos gases sean substituidos por gases con grado patrón de calibración, los cuales normalmente se distribuyen con certificado trazable a unidades SI y con una concentración certificada con incertidumbre dentro de  $\pm 2\%$ .

11.5.9. La descarga de todos Analizadores Instrumentales, deberá canalizarse al exterior del laboratorio. El paso de las líneas de muestra deberá sellarse.

11.5.10. El sitio de muestreo para colocar la(s) sonda(s) dentro de la chimenea, deberá ubicarse en un tramo recto del conducto sin perturbaciones a una distancia mayor o igual a 8 veces el diámetro equivalente<sup>PP</sup> interno del conducto medido desde la primer perturbación hacia el sitio (en dirección del flujo de gases) y a una distancia mayor o igual a 2 veces el diámetro equivalente interno del conducto medido desde el sitio hasta la siguiente perturbación (en dirección del flujo de gases). La Figura 6 muestra un diagrama de la zona del conducto donde podrá efectuarse la toma de muestra.

11.5.11. El acceso al interior del conducto podrá efectuarse a través de uno o varios Puertos de Muestreo, no obstante, se deberá tener precaución en sellar completamente el espacio libre entre la(s) sonda(s) de muestreo y el Puerto de Muestreo a fin de evitar que los resultados de las pruebas de Desempeño Ambiental y Micro-Ambiental se vean afectadas por emisiones fugitivas al interior del laboratorio o por dilución de gases dentro de la chimenea.

11.5.12. Una vez que se terminen una secuencia de pruebas PAPF → PAPC → PCAC, se deberá evaluar la concentración promedio de O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> y CO, y realizar la validación de datos descrita en el **inciso 12.6**.

11.5.13. Todos los procedimientos de evaluación del desempeño y control de calidad descritos en los Métodos Normalizados de la **Tabla 4** deberán ser cubiertos durante estas pruebas.

11.5.14. Se deberán utilizar los registros sugeridos por los Métodos seleccionados, o bien, diseñar registros que incluyan tanto lo propuesto por los Métodos seleccionados, como otro tipo de información propia de este Protocolo que permita garantizar atribución de responsabilidades, rastreabilidad de la información, trazabilidad y objetividad de los resultados, y detalles de la metodología utilizada.

## 11.6. Análisis de la Leña.

11.6.1. Tomar al menos 500 g de muestra de tabletas de leña de cada lote de leña que haya sido preparado por separado. Almacene esta(s) muestras en bolsas selladas tipo Ziplock® o algún contenedor hermético, de tal forma que se evite que la muestra gane o pierda humedad.

<sup>PP</sup> Diámetro interno del conducto que equivale a cuatro veces el área transversal de flujo entre el perímetro húmedo ( $D_E = 4 A_T / P_H$ ). Para conductos circulares, el Diámetro Equivalente equivale al diámetro del conducto. Para conductos rectangulares con lados B y L, el Diámetro Equivalente equivale a  $D_E = 2 \times L \times B / (L+B)$ .

**11.6.2.** Realizar las pruebas descritas en la **Tabla 6** en la muestra de leña. Estas pruebas deberán ser practicadas a las muestras de leña en un periodo no mayor a **20 días naturales** después de haber sido utilizada para las pruebas de desempeño aquí descritas. Cuando se haya utilizado más de 1 lote de muestra, analizar la muestra de cada lote ya sea por separado, o formando una muestra compuesta.

Tabla 6: Análisis de Leña		
Propiedad	Método Normalizado <sup>QQ,RR</sup>	Internet
Contenido de Humedad (%H)	ASTM E 871	
	o	<a href="http://www.astm.org/Standard/index.shtml">http://www.astm.org/Standard/index.shtml</a>
Análisis Último (CHANO)	Carbono e Hidrógeno	<a href="http://www.astm.org/Standard/index.shtml">http://www.astm.org/Standard/index.shtml</a>
	Azufre	<a href="http://www.astm.org/Standard/index.shtml">http://www.astm.org/Standard/index.shtml</a>
	Nitrógeno	<a href="http://www.astm.org/Standard/index.shtml">http://www.astm.org/Standard/index.shtml</a>
	Oxígeno	<a href="http://www.astm.org/Standard/index.shtml">http://www.astm.org/Standard/index.shtml</a>
Poder Calorífico Grueso (PCG)	ASTM E 771	<a href="http://www.astm.org/Standard/index.shtml">http://www.astm.org/Standard/index.shtml</a>
Poder Calorífico Neto (PCN)		
Densidad	ASTM D 2395	<a href="http://www.astm.org/Standard/index.shtml">http://www.astm.org/Standard/index.shtml</a>

**11.6.3.** Se deberán seguir los Métodos Normalizados descritos en la **Tabla 6** así como todos los procedimientos de evaluación del desempeño y control de calidad incluidos en estos.

**11.6.4.** Se deberán utilizar los registros sugeridos por los Métodos seleccionados, o bien, diseñar registros que incluyan tanto lo propuesto por los Métodos seleccionados, como otro tipo de información propia de este Protocolo que permita garantizar atribución de responsabilidades, rastreabilidad de la información, trazabilidad y objetividad de los resultados, y detalles de la metodología utilizada.

<sup>QQ</sup> Nomenclatura: USEPA (=) United States Environmental Protection Agency / NSPS (=) New Source Performance Specifications / RM (=) Reference Method / ASTM (=) ASTM International / D (=) Métodos de la Serie D del ASTM.

<sup>RR</sup> En todos los casos se deberá utilizar la versión mas vigente del Método Normalizado.

## 12. Procedimientos de Control y Aseguramiento de Calidad.

### 12.1. Elaboración y uso de Niveles de Fondo.

**12.1.1.** Al término de un protocolo completo sobre una Estufa, se deberá preparar el laboratorio y la Estufa para realizar una cuarta secuencia de corridas PAPP → PAPP → PCAC. Se deberán realizar las pruebas de Evaluación de Desempeño Micro-Ambiental y Desempeño Ambiental sin encender fuego en la Estufa a fin de determinar las concentraciones de los contaminantes en Niveles de Fondo.

**12.1.2.** Las corridas para Niveles de Fondo deberán efectuarse con una duración igual al promedio de duración del ciclo PAPP → PAPP → PCAC.

**12.1.3.** Los resultados deberán ser iguales o menores a un 10% el valor establecido como criterio de desempeño (ver **incisos 16.2 y 16.3**), de lo contrario, se deberán tomar medidas para disminuir las concentraciones de fondo en el laboratorio y se deberá repetir la ejecución del protocolo completo.

**Nota 1:** Para el caso de Desempeño Ambiental, la concentración de GEI en los Niveles de Fondo (Aire Ambiente) se considera substancialmente menor a las concentraciones esperadas en Chimenea. Por esta razón, los resultados de los Niveles de Fondo no requerirán ser restados de los resultados en Chimenea. Cuando la concentración de GEI en Niveles de Fondo sea superior al 5% de la concentración de GEI medida en Chimenea, entonces se podrá substraer el Nivel de Fondo a los resultados. En todos los casos, el Laboratorio de Pruebas Responsable deberá reportar claramente el tratamiento que se le dio a los resultados con los Niveles de Fondo, así como la magnitud de estos Niveles de Fondo.

**Nota 2:** Para el caso de Desempeño Micro-Ambiental, la concentración de contaminantes en los Niveles de Fondo Aire Ambiente no se considera que deba ser substancialmente menor a las concentraciones esperadas en Micro-Ambiente cuando la Estufa opere. No obstante, los resultados de los Niveles de Fondo no requerirán ser restados de los resultados en Micro-Ambiente. Cuando la concentración de contaminantes en Niveles de Fondo sea superior al 10% de la concentración de contaminantes medida en Chimenea, entonces se podrá substraer el Nivel de Fondo a los resultados. En todos los casos, el Laboratorio de Pruebas Responsable deberá reportar claramente el tratamiento que se le dio a los resultados con los Niveles de Fondo, así como la magnitud de estos Niveles de Fondo.

### 12.2. Repetibilidad.

**12.2.1.** Para poder comparar los resultados de desempeño obtenidos, se deberán calcular los promedios aritméticos de todos los indicadores de desempeño (por ejemplo, ET,  $Q_{ET=75^{\circ}C}$ , PF, IRPF, concentraciones en micro-ambiente y factores de emisión al ambiente) y estimar su intervalo de error con un 95% de confianza multiplicando la desviación normal obtenida entre las 3 repeticiones de cada indicador por un factor t-student de 4,30 (ver **inciso 16**).

### 12.3. Resultados por debajo del Límite Práctico de Cuantificación.

**12.3.1.** Cuando algún resultado de concentración en micro-ambiente o chimenea, se encuentre por debajo del Límite Práctico de Cuantificación del Método, se deberá utilizar el 50% del Límite Práctico de Cuantificación como un valor absoluto para todos los cálculos.

### 12.4. Cifras Significativas y Redondeo.

**12.4.1.** Se deberán utilizar al menos 5 cifras significativas para todos los cálculos intermedios.

**12.4.2.** Los indicadores de desempeño deberán expresarse con 3 cifras significativas para compararlos contra los criterios de desempeño del **inciso 16**. Se deberán seguir las siguientes reglas de redondeo para este propósito:

- a. Si el primer dígito a eliminarse es menor a 5, el último dígito a retenerse no debe cambiarse  
Por ejemplo, si el criterio de desempeño es 90, un resultado de 90,337 debe redondearse como 90,3.
- b. Si el primer dígito a eliminarse es mayor o igual a 5, el último dígito a retenerse deberá aumentarse una unidad  
Por ejemplo, si el criterio de desempeño es 90, un resultado de 90,669 debe redondearse como 90,7.

### 12.5. Prueba de Factor de Combustible $F_0$ en Resultados de Emisiones Conducidas a la Atmósfera.

**12.5.1.** Calcular el Factor de Combustible en Base a Resultados de Medición en Chimenea obtenido para cada repetición 'k' de secuencia PAFP → PAPC → PCAC, utilizando las ecuaciones descritas en el **inciso 13.14**. Este factor es denominado  $F_{O,M,k}$ .

**12.5.2.** Calcular el Factor de Combustible en Base a Resultados de Análisis Último de Combustible (leña) utilizando las ecuaciones descritas en el **inciso 13.15**. Este factor es denominado  $F_{O,ULT}$ .

**12.5.3.** El Factor  $F_{O,M,k}$  deberá encontrarse dentro de  $\pm 5,7\%$  el  $F_{O,ULT}$ , de lo contrario: (1) la medición de  $O_2$ ,  $CO_2$  y/o  $CO$  en la chimenea fue efectuada con error substancial; (2) el análisis último de la leña fue efectuado con error substancial, o bien; (3) ambas mediciones fueron efectuadas con error substancial. Cualquiera que sea el caso, se deberán investigar y corregirse estos problemas de medición y repetir el protocolo.

Criterio de Aceptación:  $0,943 \times F_{O,ULT} \leq F_{O,M,k} \leq 1,057 \times F_{O,ULT}$

Para cada repetición 'k' de la secuencia PAFP → PAPC → PCAC

## **12.6. Acreditación y Aprobación de Laboratorios de Pruebas.**

**12.6.1.** Las pruebas en chimenea, micro-ambiente y análisis de leña, deberán ser efectuadas por Laboratorios de Pruebas que se encuentren acreditados de acuerdo a las disposiciones de la Ley Federal de Metrología y Normalización vigente y sus Reglamentos vigentes que sean aplicables, para los métodos seleccionados de prueba.

**12.6.2.** Cuando sea aplicable y la autoridad posea un programa de aprobación en curso, los Laboratorios de Pruebas deberán estar aprobados por dichas autoridades y de acuerdo a las disposiciones de la Ley Federal de Metrología y Normalización vigente y sus Reglamentos vigentes que sean aplicables.

## **12.7. Calibración y Verificación de Instrumentos.**

**12.7.1.** Todos los instrumentos y equipos de medición que posean incidencia en la determinación del Desempeño Energético, Micro-Ambiental y Ambiental de este Protocolo (**ver inciso 12.7.7**), deberán ser calibrados por un Laboratorio de Calibración acreditado de acuerdo a las disposiciones de la Ley Federal de Metrología y Normalización vigente y sus Reglamentos vigentes que sean aplicables, con la excepción de los analizadores de gases instrumentales utilizados para medición de concentración de gases en chimenea y/o micro-ambiente, los cuales podrán ser calibrados por el Laboratorio de Pruebas que los utilice, haciendo uso de los procedimientos de calibración y materiales de referencia (gases de calibración) descritos en el Método de Referencia, y tomando en cuenta las disposiciones descritas en el **inciso 12.10** que sean aplicables.

**12.7.2.** La calibración deberá efectuarse en un intervalo que cubra el intervalo de medición en el que el instrumento o equipo de medición será utilizado en este protocolo, a no ser que se indique alguna disposición distinta en este protocolo o en el Método de Referencia utilizado.

**12.7.3.** Al ser utilizados, los instrumentos y equipos de medición deberán haber sido calibrados en un periodo no mayor a 365 días y poseer un certificado o informe de calibración vigente. Cuando la calibración posea una vigencia mayor a 365 días, se deberá hacer caso omiso y ajustarse a este periodo de 365 días como máximo para ser recalibrado. Cuando este protocolo y/o un Método de Referencia establezcan una frecuencia de calibración menor a 365 días para algún instrumento o equipo en particular, se deberá utilizar el periodo menor de todos los casos (ya sea este criterio general de 365 días, otro criterio establecido dentro de este protocolo, o el criterio establecido por el Método de Referencia). En el caso de los analizadores de gases instrumentales utilizados para medición de concentración de gases en chimenea y/o micro-ambiente, se deberán utilizar únicamente los requisitos y frecuencias de calibración indicadas en los Métodos de Referencia.

**12.7.4.** Todos los instrumentos y equipos de medición que posean incidencia en la determinación del Desempeño Energético, Micro-Ambiental y Ambiental de este Protocolo (**ver inciso 12.7.7**), deberán ser verificados por el Laboratorio de Pruebas, siguiendo procedimientos y buenas prácticas, y utilizando patrones de referencia y/o materiales de referencia que cumplan con las disposiciones descritas en el **inciso 12.10**.

**12.7.5.** La verificación deberá efectuarse en un intervalo que cubra el intervalo de medición en el que el instrumento o equipo de medición será utilizado en este protocolo, a no ser que se indique alguna disposición distinta en este protocolo o en el Método de Referencia utilizado.

**12.7.6.** Al ser utilizados, los instrumentos y equipos de medición deberán haber sido verificados en un periodo no mayor a 31 días y poseer un registro ordinario de esta verificación. Cuando este protocolo y/o un Método de Referencia establezcan una

frecuencia de verificación distinta a 31 días para algún instrumento o equipo en particular, se deberá utilizar el periodo menor de todos los casos (ya sea este criterio general de 31 días, otro criterio establecido dentro de este protocolo, o el criterio establecido por el Método de Referencia).

**12.7.7.** El grado de incidencia que posee un instrumento o equipo de medición deberá ser estimado y en aquellos casos en los que este posea una contribución mayor o igual a 5% de la incertidumbre total de medición de un mensurando de desempeño, se deberá considerar que este instrumento o equipo de medición posee suficiente influencia sobre las pruebas de tal forma que su calibración formal y verificación periódica es estrictamente necesaria.

#### **12.8. Subcontratación de Pruebas.**

**12.8.1.** La subcontratación de pruebas es común y podrá efectuarse siempre y cuando se cumplan los requisitos descritos en este protocolo.

**Nota:** Por subcontratación deberá entenderse como el escenario en el que el Laboratorio de Pruebas Responsable de la ejecución de este Protocolo, puede efectuar en su totalidad las secuencia de pruebas PAPP → PAPP → PCAC, sin embargo, requiere subcontratar parcial o totalmente de la ejecución de las pruebas de medición de concentración de contaminantes en micro-ambiente y chimenea, o la ejecución de las pruebas de análisis de leña. Esta subcontratación podrá deberse diversas razones, como la incapacidad del Laboratorio de Pruebas Responsable de poder ejecutar alguna de estas mediciones por fallas temporales en equipo, ausencia temporal de personal, pérdida temporal de acreditación, entre otras; o bien, por carecer totalmente de la capacidad de ejecutar una medición en particular.

**12.8.2.** Cuando el Laboratorio de Pruebas Responsable de la ejecución de este Protocolo subcontrate trabajo, ya sea por razones imprevistas (por ejemplo, carga de trabajo, requerimiento de mayor experiencia o incapacidad temporal) o en forma continua (por ejemplo, a través de arreglos de subcontratación permanente, agencia o franquicia), este trabajo deberá ser asignado a un subcontratado competente. Un subcontratado competente es aquel que, por ejemplo, se encuentre Acreditado y Aprobado (cuando aplique) conforme a los requisitos de la Ley Federal de Metrología y Normalización, para el trabajo en cuestión.

**12.8.3.** El Laboratorio de Pruebas Responsable deberá avisar al cliente sobre el acuerdo de subcontratación por escrito, y cuando sea apropiado, obtener la aprobación del cliente, preferiblemente por escrito.

**12.8.4.** El Laboratorio de Pruebas Responsable de la ejecución de este Protocolo, será responsable ante el cliente por el trabajo subcontratado, exceptuando los casos en que el cliente o usuario especifique el subcontratado a utilizar.

**12.8.5.** El Laboratorio de Pruebas Responsable deberá mantener un registro de todos los subcontratados que utiliza para pruebas, y un registro de las evidencias de su cumplimiento el presente protocolo.

#### **12.9. Contratación de Calibraciones.**

**12.9.1.** El escenario más probable consiste en que el Laboratorio de Pruebas Responsable, no se encuentre acreditado como Laboratorio de Calibración, de tal forma que la contratación de servicios de calibración a terceros es indispensable. En estos casos, las calibraciones de instrumentos y equipos de medición deberán ser contratadas a Laboratorios de Calibración que se encuentren acreditados de acuerdo a las disposiciones de la Ley Federal de Metrología y Normalización vigente y sus Reglamentos vigentes que sean aplicables.

**12.9.2.** Cuando el Laboratorio de Pruebas Responsable o algún Laboratorio de Pruebas que haya sido subcontratado, posea acreditados servicios de calibración aplicables a este Protocolo, se podrán utilizar estos servicios sin consideraciones adicionales.

#### **12.10. Materiales de Referencia y Patrones de Referencia.**

**12.10.1.** Los Materiales de Referencia y Patrones de Referencia utilizados para la ejecución de calibraciones y verificaciones de este Protocolo deberán poseer trazabilidad a unidades SI a través del CENAM. En aquellos casos en los que la trazabilidad no pueda otorgarse a través de patrones nacionales del CENAM, la trazabilidad a unidades SI deberá cumplir con los requisitos establecidos en la Ley Federal de Metrología y Normalización, así como con aquellos requisitos vigentes aplicables a través de la institución o autoridad competente.

**12.10.2.** Los informes o certificados de análisis y/o pureza de los Materiales de Referencia se deberán encontrar vigentes en el momento en que sean utilizados.

**Nota:** Los Materiales de Referencia utilizados en este Protocolo se resumen a Gases de Calibración utilizados para la calibración de los analizadores de gases instrumentales.

**12.10.3.** Los Materiales de Referencia deberán cumplir con las especificaciones descritas en los Métodos de Referencia.

**12.10.4.** Los informes o certificados de calibración de los Patrones de Referencia se deberán encontrar vigentes en el momento en que sean utilizados.

### 13. Cálculos.

#### 13.1. Cálculo de la Superficie Efectiva de Cocinado de la Plancha 'j'.

$$SEC_j = \frac{N_T - N_B}{N_T} \times SNC_j \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

SEC <sub>j</sub>	(=)	Superficie Efectiva de Cocinado de la Plancha 'j', cm <sup>2</sup>
SNC <sub>j</sub>	(=)	Superficie Nominal de Cocinado de la Plancha 'j', cm <sup>2</sup>
N <sub>T</sub>	(=)	Número Total de Nodos para Evaluación de Temperatura de Superficie, adimensional (N <sub>T</sub> = 29 para círculos y N <sub>T</sub> = 49 para rectángulos o cuadrados)
N <sub>B</sub>	(=)	Número Total de Nodos que registraron temperatura menor a 200°C durante la Prueba de Calentamiento Constante preliminar, adimensional
j	(=)	Número de Repetición (1, 2 o 3).

#### 13.2. Cálculo de la Cantidad de Agua Total y Cantidad de Agua por Recipiente para las Pruebas de Desempeño Energético.

$$m_{H_2O, TOTAL} = 2,2 \times SEC_A \quad \text{Ecuación 2A}$$

$$m_{H_2O, RECIPIENTE} = \frac{m_{H_2O, TOTAL}}{N_{RECIPIENTES}} \quad \text{Ecuación 2B}$$

Donde:

m <sub>H<sub>2</sub>O, TOTAL</sub>	(=)	Masa total de agua a utilizar en cada Prueba de Desempeño Energético, g
m <sub>H<sub>2</sub>O, RECIPIENTE</sub>	(=)	Masa de agua a utilizar en cada recipiente (vaso de precipitados), g
SEC <sub>A</sub>	(=)	Superficie Efectiva de Cocinado de la Plancha A, cm <sup>2</sup>
N <sub>RECIPIENTES</sub>	(=)	Número total de recipientes (vasos de precipitados) a utilizar en cada Prueba de Desempeño Energético (ver <b>Tabla 2</b> ), adimensional
2,2	(=)	Masa de agua específica por área superficial de cocinado, g/cm <sup>2</sup>

Ecuación 2 asume que se utilizará un volumen de 2,2 cm<sup>3</sup> de agua por cada cm<sup>2</sup> de SEC<sub>A</sub>.

#### 13.3. Cálculo de la Temperatura de Ebullición Nominal.

$$T_{B, N, p, j} = 69,6 + \frac{P_{B, p, j}}{333,1} \quad \text{Ecuación 3}$$

Donde:

T <sub>B, N, j</sub>	(=)	Temperatura de Ebullición Nominal del Agua durante la repetición 'j' de la prueba 'p' (PAPF, PAPC o PCAC), °C
P <sub>B, p, j</sub>	(=)	Presión Barométrica durante la repetición 'j' de la prueba 'p' (PAPF, PAPC o PCAC), Pa

#### 13.4. Cálculo del Consumo de Leña.

$$m_{LEÑA, PAPF, j} = (m_{LEÑA, PAPF, I, j} - m_{LEÑA, PAPF, F, j}) \times \left(1 - \frac{\%HLEÑA}{100}\right) - m_{CENIZAS, PAPF, j} \quad \text{Ecuación 4A}$$

$$m_{LEÑA, PAPC, j} = (m_{LEÑA, PAPC, I, j} - m_{LEÑA, PAPC, F, j}) \times \left(1 - \frac{\%HLEÑA}{100}\right) - m_{CENIZAS, PAPC, j} \quad \text{Ecuación 4B}$$

$$m_{LEÑA, PCAC, j} = (m_{LEÑA, PCAC, I, j} - m_{LEÑA, PCAC, F, j}) \times \left(1 - \frac{\%HLEÑA}{100}\right) - m_{CENIZAS, PCAC, j} \quad \text{Ecuación 4C}$$

Donde:

m <sub>LEÑA, PAPF, j</sub>	(=)	Consumo de Leña Seca para alcanzar ebullición en repetición 'j' de PAPF, g
m <sub>LEÑA, PAPC, j</sub>	(=)	Consumo de Leña Seca para alcanzar ebullición en repetición 'j' de PAPC, g

$m_{LEÑA,PCAC,j}$	(=)	Consumo de Leña Seca en repetición 'j' de PCAC, g
$m_{LEÑA,PAPF,i,j}$	(=)	Masa inicial de Leña Húmeda para repetición 'j' de PAPF, g
$m_{LEÑA,PAPC,i,j}$	(=)	Masa inicial de Leña Húmeda para repetición 'j' de PAPC, g
$m_{LEÑA,PCAC,i,j}$	(=)	Masa inicial de Leña Húmeda para repetición 'j' de PCAC, g
$m_{LEÑA,PAPF,F,j}$	(=)	Masa final de Leña (potencialmente Húmeda) en repetición 'j' de PAPF, g
$m_{LEÑA,PAPC,F,j}$	(=)	Masa final de Leña (potencialmente Húmeda) en repetición 'j' de PAPC, g
$m_{LEÑA,PCAC,F,j}$	(=)	Masa final de Leña (potencialmente Húmeda) en repetición 'j' de PCAC, g
$m_{CENIZAS,PAPF,j}$	(=)	Masa de Cenizas y Carbón en repetición 'j' de PAPF, g
$m_{CENIZAS,PAPC,j}$	(=)	Masa de Cenizas y Carbón en repetición 'j' de PAPC, g
$m_{CENIZAS,PCAC,j}$	(=)	Masa de Cenizas y Carbón en repetición 'j' de PCAC, g
$\%H_{LEÑA}$	(=)	Contenido de Humedad en la Leña, % masa
100	(=)	Conversión de fracción a por ciento, 100%

### 13.5. Cálculo del Calor de Entrada.

$$Q_{E,PAPF,j} = \left[ PCN \times \frac{m_{LEÑA,PAPF,j}}{1\ 000} \right] - \left[ \frac{m_{LEÑA,PAPF,j}}{1\ 000 \times \left( 1 - \frac{\%H_{LEÑA}}{100} \right)} \times \left( \frac{\%H_{LEÑA}}{100} \right) \times [(T_{B,N,j} - T_{AMB,j}) \times C_{P,H_2O} + \Delta H_{EVAP,H_2O@T_{B,N,j}}] \right]$$

Ecuación 5A

$$Q_{E,PAPC,j} = \left[ PCN \times \frac{m_{LEÑA,PAPC,j}}{1\ 000} \right] - \left[ \frac{m_{LEÑA,PAPC,j}}{1\ 000 \times \left( 1 - \frac{\%H_{LEÑA}}{100} \right)} \times \left( \frac{\%H_{LEÑA}}{100} \right) \times [(T_{B,N,j} - T_{AMB,j}) \times C_{P,H_2O} + \Delta H_{EVAP,H_2O@T_{B,N,j}}] \right]$$

Ecuación 5B

$$Q_{E,PCAC,j} = \left[ PCN \times \frac{m_{LEÑA,PCAC,j}}{1\ 000} \right] - \left[ \frac{m_{LEÑA,PCAC,j}}{1\ 000 \times \left( 1 - \frac{\%H_{LEÑA}}{100} \right)} \times \left( \frac{\%H_{LEÑA}}{100} \right) \times [(T_{B,N,j} - T_{AMB,j}) \times C_{P,H_2O} + \Delta H_{EVAP,H_2O@T_{B,N,j}}] \right]$$

Ecuación 5C

Donde:

$Q_{E,PAPF,j}$	(=)	Calor de Entrada Alimentado a la Estufa durante la repetición 'j' de PAPF, kJ
$Q_{E,PAPC,j}$	(=)	Calor de Entrada Alimentado a la Estufa durante la repetición 'j' de PAPC, kJ
$Q_{E,PCAC,j}$	(=)	Calor de Entrada Alimentado a la Estufa durante la repetición 'j' de PCAC, kJ
PCN	(=)	Poder Calorífico Neto de la Leña, kJ/kg leña seca
$m_{LEÑA,PAPF,j}$	(=)	Consumo de Leña Seca para alcanzar ebullición en repetición 'j' de PAPF, g
$m_{LEÑA,PAPC,j}$	(=)	Consumo de Leña Seca para alcanzar ebullición en repetición 'j' de PAPC, g
$m_{LEÑA,PCAC,j}$	(=)	Consumo de Leña Seca en repetición 'j' de PCAC, g
$\%H_{LEÑA}$	(=)	Contenido de Humedad en la Leña, % masa
$T_{B,N,j}$	(=)	Temperatura de Ebullición del Agua Nominal durante la repetición 'j', °C
$T_{AMB,j}$	(=)	Temperatura Ambiente del Laboratorio durante el inicio de la repetición 'j', °C
j	(=)	Número de Repetición (1, 2 o 3).
1 000	(=)	Conversión de gramos a kilogramos, 1 000 g/kg
100	(=)	Conversión de fracción a por ciento, 100%

$$C_{P,H_2O} = 4,186 \frac{\text{kJ}}{\text{kg } ^\circ\text{C}}$$

$C_{P,H_2O}$	(=)	Capacidad Calorífica Específica del Agua Líquida, utilizar:
$\Delta H_{EVAP,H_2O@T_{B,N,j}}$	(=)	Calor Latente de Evaporación del Agua a la Temperatura de Ebullición del Agua Nominal durante la repetición 'j', kJ/kg

Utilizar los siguientes valores:

$T_{B,N,j}$ °C	$\Delta H_{EVAP,H_2O@T_{B,N,j}}$ kJ/kg	$T_{B,N,j}$ °C	$\Delta H_{EVAP,H_2O@T_{B,N,j}}$ kJ/kg
-------------------	-------------------------------------------	-------------------	-------------------------------------------

86	2 293,5	94	2 272,8
87	2 290,9	95	2 270,2
88	2 288,4	96	2 267,5
89	2 285,8	97	2 264,9
90	2 283,2	98	2 262,2
91	2 280,6	99	2 259,6
92	2 278,0	100	2 256,9
93	2 275,4	102	2 251,6

### 13.6. Cálculo de la Masa de Agua Evaporada en Recipientes.

$$m_{H_2O, EVAP, PAF, j} = \sum_{i=1}^N (m_{H_2O, PAF, i, j} - m_{H_2O, PAF, i, F, j})$$

**Ecuación 6A**

$$m_{H_2O, EVAP, PAC, j} = \sum_{i=1}^N (m_{H_2O, PAC, i, j} - m_{H_2O, PAC, i, F, j})$$

**Ecuación 6B**

$$m_{H_2O, EVAP, PCAC, j} = \sum_{i=1}^N (m_{H_2O, PCAC, i, j} - m_{H_2O, PCAC, i, F, j})$$

**Ecuación 6C**

Donde:

$m_{H_2O, EVAP, PAF, j}$	(=)	Masa de Agua Evaporada en Recipientes durante la repetición 'j' de PAF, g
$m_{H_2O, EVAP, PAC, j}$	(=)	Masa de Agua Evaporada en Recipientes durante la repetición 'j' de PAC, g
$m_{H_2O, EVAP, PCAC, j}$	(=)	Masa de Agua Evaporada en Recipientes durante la repetición 'j' de PCAC, g
$m_{H_2O, PAF, i, j}$	(=)	Masa Inicial de Agua en Recipiente 'i' durante la repetición 'j' de PAF, g
$m_{H_2O, PAC, i, j}$	(=)	Masa Inicial de Agua en Recipiente 'i' durante la repetición 'j' de PAC, g
$m_{H_2O, PCAC, i, j}$	(=)	Masa Inicial de Agua en Recipiente 'i' durante la repetición 'j' de PCAC, g
$m_{H_2O, PAF, i, F, j}$	(=)	Masa Final de Agua en Recipiente 'i' durante la repetición 'j' de PAF, g
$m_{H_2O, PAC, i, F, j}$	(=)	Masa Final de Agua en Recipiente 'i' durante la repetición 'j' de PAC, g
$m_{H_2O, PCAC, i, F, j}$	(=)	Masa Final de Agua en Recipiente 'i' durante la repetición 'j' de PCAC, g
i	(=)	Identificación de Recipientes (1, 2, 3, etcétera)
N	(=)	Número total de Recipientes (1, 2, 3, etcétera)
j	(=)	Número de Repetición (1, 2 o 3).

### 13.7. Cálculo del Calor de Ganado por el Agua en Recipientes.

$$Q_{H_2O, PAF, j} = \left[ \frac{m_{H_2O, EVAP, PAF, j}}{1\ 000} \times \Delta H_{EVAP, H_2O @ TB, N, j} \right] + \left[ \sum_{i=1}^N m_{H_2O, PAF, i, j} \times \frac{C_{p, H_2O}}{1\ 000} \times (T_{H_2O, PAF, i, F, j} - T_{H_2O, PAF, i, j}) \right]$$

**Ecuación 7A**

$$Q_{H_2O, PAC, j} = \left[ \frac{m_{H_2O, EVAP, PAC, j}}{1\ 000} \times \Delta H_{EVAP, H_2O @ TB, N, j} \right] + \left[ \sum_{i=1}^N m_{H_2O, PAC, i, j} \times \frac{C_{p, H_2O}}{1\ 000} \times (T_{H_2O, PAC, i, F, j} - T_{H_2O, PAC, i, j}) \right]$$

**Ecuación 7B**

$$Q_{H_2O, PCAC, j} = \left[ \frac{m_{H_2O, EVAP, PCAC, j}}{1\ 000} \times \Delta H_{EVAP, H_2O @ TB, N, j} \right]$$

**Ecuación 7C**

Donde:

$Q_{H_2O, PAF, j}$	(=)	Calor Ganado por el Agua en Recipientes durante la repetición 'j' de PAF, kJ
$Q_{H_2O, PAC, j}$	(=)	Calor Ganado por el Agua en Recipientes durante la repetición 'j' de PAC, kJ
$Q_{H_2O, PCAC, j}$	(=)	Calor Ganado por el Agua en Recipientes durante la repetición 'j' de PCAC, kJ
$m_{H_2O, EVAP, PAF, j}$	(=)	Masa de Agua Evaporada en Recipientes durante la repetición 'j' de PAF, g
$m_{H_2O, EVAP, PAC, j}$	(=)	Masa de Agua Evaporada en Recipientes durante la repetición 'j' de PAC, g
$m_{H_2O, EVAP, PCAC, j}$	(=)	Masa de Agua Evaporada en Recipientes durante la repetición 'j' de PCAC, g
$m_{H_2O, PAF, i, j}$	(=)	Masa Inicial de Agua en Recipiente 'i' durante la repetición 'j' de PAF, g
$m_{H_2O, PAC, i, j}$	(=)	Masa Inicial de Agua en Recipiente 'i' durante la repetición 'j' de PAC, g
$T_{H_2O, PAF, i, F, j}$	(=)	Temperatura Final del Agua en el Recipiente 'i' en la repetición 'j' de PAF, °C

$T_{H_2O,PAPC,i,F,j}$	(=)	Temperatura Final del Agua en el Recipiente 'i' en la repetición 'j' de PAPC, °C
$T_{H_2O,PAPF,i,i,j}$	(=)	Temperatura Inicial del Agua en el Recipiente 'i' en la repetición 'j' de PAPF, °C
$T_{H_2O,PAPC,i,i,j}$	(=)	Temperatura Inicial del Agua en el Recipiente 'i' en la repetición 'j' de PAPC, °C
i	(=)	Identificación de Recipientes (1, 2, 3, etcétera)
N	(=)	Número total de Recipientes (1, 2, 3, etcétera)
j	(=)	Número de Repetición (1, 2 o 3).
1 000	(=)	Conversión de gramos a kilogramos, 1 000 g/kg
$C_{P,H_2O}$	(=)	Capacidad Calorífica Específica del Agua Líquida, utilizar: $C_{P,H_2O} = 4,186 \frac{kJ}{kg \text{ } ^\circ C}$
$\Delta H_{EVAP,H_2O@TB,N,j}$	(=)	Calor Latente de Evaporación del Agua a la Temperatura de Ebullición del Agua Nominal durante la repetición 'j', kJ/kg

Utilizar los siguientes valores:

$T_{B,N,j}$ °C	$\Delta H_{EVAP,H_2O@TB,N,j}$ kJ/kg	$T_{B,N,j}$ °C	$\Delta H_{EVAP,H_2O@TB,N,j}$ kJ/kg
86	2 293,5	94	2 272,8
87	2 290,9	95	2 270,2
88	2 288,4	96	2 267,5
89	2 285,8	97	2 264,9
90	2 283,2	98	2 262,2
91	2 280,6	99	2 259,6
92	2 278,0	100	2 256,9
93	2 275,4	102	2 251,6

### 13.8. Cálculo de la Eficiencia Térmica de la Estufa.

$$ET_{PAPF,j} = \frac{Q_{H_2O,PAPF,j}}{Q_{E,PAPF,j}} \times 100$$

**Ecuación 8A**

$$ET_{PAPC,j} = \frac{Q_{H_2O,PAPC,j}}{Q_{E,PAPC,j}} \times 100$$

**Ecuación 8B**

$$ET_{PCAC,j} = \frac{Q_{H_2O,PCAC,j}}{Q_{E,PCAC,j}} \times 100$$

**Ecuación 8C**

Donde:

$ET_{PAPF,j}$	(=)	Eficiencia Térmica de Estufa durante repetición 'j' de PAPF, %
$ET_{PAPC,j}$	(=)	Eficiencia Térmica de Estufa durante repetición 'j' de PAPC, %
$ET_{PCAC,j}$	(=)	Eficiencia Térmica de Estufa durante repetición 'j' de PCAC, %
$Q_{H_2O,PAPF,j}$	(=)	Calor Ganado por el Agua en Recipientes durante la repetición 'j' de PAPF, kJ
$Q_{H_2O,PAPC,j}$	(=)	Calor Ganado por el Agua en Recipientes durante la repetición 'j' de PAPC, kJ
$Q_{H_2O,PCAC,j}$	(=)	Calor Ganado por el Agua en Recipientes durante la repetición 'j' de PCAC, kJ
$Q_{E,PAPF,j}$	(=)	Calor de Entrada Alimentado a la Estufa durante la repetición 'j' de PAPF, kJ
$Q_{E,PAPC,j}$	(=)	Calor de Entrada Alimentado a la Estufa durante la repetición 'j' de PAPC, kJ
$Q_{E,PCAC,j}$	(=)	Calor de Entrada Alimentado a la Estufa durante la repetición 'j' de PCAC, kJ
j	(=)	Número de Repetición (1, 2 o 3).
100	(=)	Conversión de fracción a por ciento, 100%

### 13.9. Cálculo del Tiempo Necesario Corregido @ $\Delta T = 75^\circ C$ para Alcanzar Ebullición.

$$\Delta \theta_{PAPF,i,j,@\Delta T = 75^\circ C} = \frac{(\theta_{PAPF,F,i,j} - \theta_{PAPF,I,i,j}) \times 75}{(T_{PAPF,F,i,j} - T_{PAPF,I,i,j})}$$

**Ecuación 9A**

$$\Delta\theta_{PAPC,i,j,@\Delta T = 75^{\circ}\text{C}} = \frac{(\theta_{PAPC,F,i,j} - \theta_{PAPC,I,i,j}) \times 75}{(T_{PAPC,F,i,j} - T_{PAPC,I,i,j})}$$

Ecuación 9B

Donde:

$\Delta\theta_{PAPF,i,j,@\Delta T=75^{\circ}\text{C}}$	(=)	Tiempo Necesario Corregido @ $\Delta T = 75^{\circ}\text{C}$ para Alcanzar Ebullición en el Recipiente 'i' en la repetición 'j' de PAPF, min
$\Delta\theta_{PAPC,i,j,@\Delta T=75^{\circ}\text{C}}$	(=)	Tiempo Necesario Corregido @ $\Delta T = 75^{\circ}\text{C}$ para Alcanzar Ebullición en el Recipiente 'i' en la repetición 'j' de PAPC, min
$\theta_{PAPF,F,i,j}$	(=)	Registro de cronómetro cuando el Recipiente 'i' alcanzó Ebullición en la repetición 'j' de PAPF, min
$\theta_{PAPC,F,i,j}$	(=)	Registro de cronómetro cuando el Recipiente 'i' alcanzó Ebullición en la repetición 'j' de PAPC, min
$\theta_{PAPF,I,i,j}$	(=)	Registro inicial de cronómetro cuando comenzó la repetición 'j' de PAPF, min (igual para todos los Recipientes i=1,2,3, etcétera).
$\theta_{PAPC,I,i,j}$	(=)	Registro inicial de cronómetro cuando comenzó la repetición 'j' de PAPC, min (igual para todos los Recipientes i=1,2,3, etcétera).
$T_{PAPF,F,i,j}$	(=)	Temperatura Final del Agua en Recipiente 'i' durante repetición 'j' de PAPF al haber alcanzado ebullición (deberá estar dentro de $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ de $T_{B,N,i}$ ), $^{\circ}\text{C}$
$T_{PAPC,F,i,j}$	(=)	Temperatura Final del Agua en Recipiente 'i' durante repetición 'j' de PAPC al haber alcanzado ebullición (deberá estar dentro de $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ de $T_{B,N,i}$ ), $^{\circ}\text{C}$
$T_{PAPF,I,i,j}$	(=)	Temperatura Inicial del Agua en Recipiente 'i' durante repetición 'j' de PAPF, $^{\circ}\text{C}$
$T_{PAPC,I,i,j}$	(=)	Temperatura Inicial del Agua en Recipiente 'i' durante repetición 'j' de PAPC, $^{\circ}\text{C}$
i	(=)	Identificación de Recipientes (1, 2, 3, etcétera)
j	(=)	Número de Repetición (1, 2 o 3).
75	(=)	Diferencial de temperatura de referencia, $75^{\circ}\text{C}$ .

**Nota:** Cuando la prueba haya considerado mas de 1 recipiente, el Tiempo Necesario Corregido @  $\Delta T = 75^{\circ}\text{C}$  para Alcanzar Ebullición deberá ser seleccionado como el valor Tiempo mínimo obtenido entre los distintos recipientes (i=1,2,...) en una misma repetición 'j'.

### 13.10. Cálculo de la Potencia de Fuego de la Estufa.

$$PF_{PAPF,j} = \frac{m_{LEÑA,PAPF,j} \times PCN}{1\ 000} \times \frac{60}{(\theta_{PAPF,F,1,j} - \theta_{PAPF,I,1,j}) \times 60}$$

Ecuación 10A

$$PF_{PAPC,j} = \frac{m_{LEÑA,PAPC,j} \times PCN}{1\ 000} \times \frac{60}{(\theta_{PAPC,F,1,j} - \theta_{PAPC,I,1,j}) \times 60}$$

Ecuación 10B

$$PF_{PCAC,j} = \frac{m_{LEÑA,PCAC,j} \times PCN}{1\ 000} \times \frac{60}{(\theta_{PCAC,F,1,j} - \theta_{PCAC,I,1,j}) \times 60}$$

Ecuación 10C

Donde:

$PF_{PAPF,j}$	(=)	Potencia de Fuego en repetición 'j' de PAPF, kJ/s
$PF_{PAPC,j}$	(=)	Potencia de Fuego en repetición 'j' de PAPC, kJ/s
$PF_{PCAC,j}$	(=)	Potencia de Fuego en repetición 'j' de PCAC, kJ/s
PCN	(=)	Poder Calorífico Neto de la Leña, kJ/kg leña seca
$m_{LEÑA,PAPF,j}$	(=)	Consumo de Leña Seca para alcanzar ebullición en repetición 'j' de PAPF, g
$m_{LEÑA,PAPC,j}$	(=)	Consumo de Leña Seca para alcanzar ebullición en repetición 'j' de PAPC, g
$m_{LEÑA,PCAC,j}$	(=)	Consumo de Leña Seca en repetición 'j' de PCAC, g
$\theta_{PAPF,F,1,j}$	(=)	Registro de cronómetro cuando el Recipiente 1 alcanzó Ebullición en la repetición 'j' de PAPF, min
$\theta_{PAPC,F,1,j}$	(=)	Registro de cronómetro cuando el Recipiente 1 alcanzó Ebullición en la repetición 'j' de PAPC, min

$\theta_{PCAC,F,1,j}$	(=)	Registro de cronómetro cuando el Recipiente 1 alcanzó Ebullición en la repetición 'j' de PAPC, min (ver inciso 11.3.4.8)
$\theta_{PAPF,1,1,j}$	(=)	Registro inicial de cronómetro cuando comenzó la repetición 1 de PAPF, min (igual para todos los Recipientes i=1,2,3, etcétera).
$\theta_{PAPC,1,1,j}$	(=)	Registro inicial de cronómetro cuando comenzó la repetición 1 de PAPC, min (igual para todos los Recipientes i=1,2,3, etcétera).
$\theta_{PCAC,1,1,j}$	(=)	Registro inicial de cronómetro cuando comenzó la repetición 1 de PCAC, min (igual para todos los Recipientes i=1,2,3, etcétera).
j	(=)	Número de Repetición (1, 2 o 3).
1 000	(=)	Conversión de gramos a kilogramos, 1 000 g/kg
60	(=)	Conversión de segundos a minutos, 60 s/min

**13.11. Índice de Reducción de Potencia de Fuego.**

$$IRPF_{PCAC,j} = \frac{PF_{PAPC,j}}{PF_{PCAC,j}} \quad \text{Ecuación 11}$$

Donde:

$IRPF_{PCAC,j}$	(=)	Índice de Reducción de Potencia de Fuego, adimensional
$PF_{PAPC,j}$	(=)	Potencia de Fuego en repetición 'j' de PAPC, kJ/s
$PF_{PCAC,j}$	(=)	Potencia de Fuego en repetición 'j' de PCAC, kJ/s
j	(=)	Número de Repetición (1, 2 o 3).

**13.12. Cálculo de la Concentración Promedio de Contaminantes durante la Evaluación del Desempeño Micro-Ambiental.**

El cálculo de la concentración promedio para la secuencia de pruebas PAPF → PAPC → PCAC deberá ser representativo únicamente de los intervalos de prueba en los que se encontraba la flama encendida dentro del Hogar de Combustión.

Calcule la concentración promedio de cada contaminante (PT, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> y CO) para cada Sitio de Muestreo (A, B y C) conforme a las disposiciones descritas en los Métodos utilizados. La concentración deberá ser expresada en µg/m<sup>3</sup> @ condiciones actuales.

**13.13. Cálculo de la Concentración Promedio de Contaminantes durante la Evaluación del Desempeño Ambiental.**

El cálculo de la concentración promedio para la secuencia de pruebas PAPF → PAPC → PCAC deberá ser representativo únicamente de los intervalos de prueba en los que se encontraba la flama encendida dentro del Hogar de Combustión.

Calcule la concentración promedio de cada contaminante conforme a las disposiciones descritas en los Métodos utilizados. La concentración deberá ser expresada en las unidades y condiciones de referencia descritas en la Tabla 5.

**13.14. Cálculo del Factor de Combustible en Base a Resultados de Medición en Chimenea.**

$$O_{2,A,k} = O_{2,k} - 0,5 \times CO_k \quad \text{Ecuación 14A}$$

$$CO_{2,A,k} = CO_{2,k} + CO_k \quad \text{Ecuación 14B}$$

$$F_{O,M,k} = \frac{20,9 - O_{2,A,k}}{CO_{2,A,k}} \quad \text{Ecuación 14C}$$

Donde:

$F_{O,M,k}$	(=)	Factor de Combustible en Base a Resultados de Medición en Chimenea durante la repetición 'k' de la secuencia de pruebas PAPF → PAPC → PCAC, adimensional
$O_{2,A,k}$	(=)	Concentración promedio de O <sub>2</sub> ajustada durante la repetición 'k' de la secuencia de pruebas PAPF → PAPC → PCAC, cmol/mol base seca
$CO_{2,A,k}$	(=)	Concentración promedio de CO <sub>2</sub> ajustada durante la repetición 'k' de la secuencia de pruebas PAPF → PAPC → PCAC, cmol/mol base seca
$O_{2,k}$	(=)	Concentración promedio de O <sub>2</sub> medida en chimenea durante la repetición 'k' de la

		secuencia de pruebas PAPF → PAPC → PCAC, cmol/mol base seca
CO <sub>2,k</sub>	(=)	Concentración promedio de CO <sub>2</sub> medida en chimenea durante la repetición 'k' de la secuencia de pruebas PAPF → PAPC → PCAC, cmol/mol base seca
CO <sub>k</sub>	(=)	Concentración promedio de CO medida en chimenea durante la repetición 'k' de la secuencia de pruebas PAPF → PAPC → PCAC, cmol/mol base seca
k	(=)	Número de Secuencia de pruebas PAPF → PAPC → PCAC (1, 2 o 3).

**Nota:** Para estas ecuaciones, la concentración del CO<sub>2</sub> y CO deben ser expresadas en cmol/mol base seca a diferencia de lo indicado en la **Tabla 5**.

### 13.15. Cálculo del Factor de Combustible en Base a Resultados de Análisis Último de Combustible.

$$CO_{2,MAX} = \frac{0,321 \times \%C}{1,53 \times \%C + 3,64 \times \%H + 0,57 \times \%S + 0,14 \times \%N - 0,46 \times \%O} \times 100 \quad \text{Ecuación 15A}$$

$$F_{O,ULT} = \frac{20,9}{CO_{2,MAX}} \quad \text{Ecuación 15B}$$

Donde:

F <sub>O,ULT</sub>	(=)	Factor de Combustible en Base a Resultados de Análisis Ultimo de Leña, adimensional
%C	(=)	Por ciento en masa de C en Leña Seca obtenido del análisis último, % masa, base seca
%H	(=)	Por ciento en masa de H en Leña Seca obtenido del análisis último, % masa, base seca
%S	(=)	Por ciento en masa de S en Leña Seca obtenido del análisis último, % masa, base seca
%N	(=)	Por ciento en masa de N en Leña Seca obtenido del análisis último, % masa, base seca
%O	(=)	Por ciento en masa de O en Leña Seca obtenido del análisis último, % masa, base seca

### 13.16. Cálculo del Volumen de Gases Secos Producidos.

$$F_D = (1,53 \times \%C + 3,64 \times \%H + 0,57 \times \%S + 0,14 \times \%N - 0,46 \times \%O) \times 0,000\ 063\ 51 \quad \text{Ecuación 16A}$$

$$VG_k = F_D \times [m_{LEÑA,PAPF,j} + m_{LEÑA,PAPC,j} + m_{LEÑA,PCAC,j}] \quad \text{Ecuación 16B}$$

Donde:

F <sub>D</sub>	(=)	Volumen Específico de Gases Secos Producidos, m <sup>3</sup> /g base seca @ 298 K, 101 325 Pa, 0 cmol/mol O <sub>2</sub>
%C	(=)	Por ciento en masa de C en Leña Seca obtenido del análisis último, % masa, base seca
%H	(=)	Por ciento en masa de H en Leña Seca obtenido del análisis último, % masa, base seca
%S	(=)	Por ciento en masa de S en Leña Seca obtenido del análisis último, % masa, base seca
%N	(=)	Por ciento en masa de N en Leña Seca obtenido del análisis último, % masa, base seca
%O	(=)	Por ciento en masa de O en Leña Seca obtenido del análisis último, % masa, base seca
k	(=)	Número de Secuencia de pruebas PAPF → PAPC → PCAC (1, 2 o 3).
j	(=)	Número de Repetición (1, 2 o 3).
VG <sub>k</sub>	(=)	Volumen Total de Gases Secos Producidos en la repetición 'k' de la secuencia de pruebas PAPF → PAPC → PCAC, m <sup>3</sup> base seca @ 298 K, 101 325 Pa, 0 cmol/mol O <sub>2</sub>
m <sub>LEÑA,PAPF,j</sub>	(=)	Consumo de Leña Seca para alcanzar ebullición en repetición 'j' de PAPF, g
m <sub>LEÑA,PAPC,j</sub>	(=)	Consumo de Leña Seca para alcanzar ebullición en repetición 'j' de PAPC, g
m <sub>LEÑA,PCAC,j</sub>	(=)	Consumo de Leña Seca en repetición 'j' de PCAC, g

**Nota:** El número de secuencia 'k' es igual al número de repetición 'j'. El primero se refiere al número de repetición de toda una secuencia de pruebas PAPF → PAPC → PCAC, mientras que el segundo se refiere al número de repetición de cada prueba en particular.

### 13.17. Cálculo del Factor de Emisión de Gases de Efecto Invernadero (GEI).

#### 13.17.1. Cálculo la Concentración Promedio de GEI en las Secuencias PAPF → PAPC → PCAC expresada como CO<sub>2</sub>e.

$$CO_{2e,k} = \left[ CO_{2,k} \times 17,984 \times GWP_{CO_2} + CH_{4,k} \times \frac{6,540}{10\,000} \times GWP_{CH_4} + N_2O_k \times \frac{17,984}{10\,000} \times GWP_{N_2O} \right] \times \frac{(20,9)}{(20,9 - O_{2,k})}$$

**Ecuación 17A**

Donde:

$CO_{2e,k}$	(=)	Concentración promedio de GEI expresado como $CO_2$ equivalente ( $CO_{2e}$ ) durante la repetición 'k' de la secuencia de pruebas PAFP → PAPC → PCAC, g $CO_{2e}$ / m <sup>3</sup> base seca @ 298 K, 101 325 Pa, 0 cmol/mol $O_2$
$CO_{2,k}$	(=)	Concentración promedio de $CO_2$ medida en chimenea durante la repetición 'k' de la secuencia de pruebas PAFP → PAPC → PCAC, cmol/mol base seca
$CH_{4,k}$	(=)	Concentración promedio de $CH_4$ medida en chimenea durante la repetición 'k' de la secuencia de pruebas PAFP → PAPC → PCAC, μmol/mol base seca
$N_2O_k$	(=)	Concentración promedio de $N_2O$ medida en chimenea durante la repetición 'k' de la secuencia de pruebas PAFP → PAPC → PCAC, μmol/mol base seca
$PCG_{CO_2}$	(=)	Poder de Calentamiento Global (GWP por sus siglas en inglés) del $CO_2$ en un horizonte de tiempo de 100 años, g $CO_{2e}$ / g $CO_2$
$PCG_{CH_4}$	(=)	Poder de Calentamiento Global (GWP por sus siglas en inglés) del $CH_4$ en un horizonte de tiempo de 100 años, g $CO_{2e}$ / g $CH_4$
$PCG_{N_2O}$	(=)	Poder de Calentamiento Global (GWP por sus siglas en inglés) del $N_2O$ en un horizonte de tiempo de 100 años, g $CO_{2e}$ / g $N_2O$

Utilizar los siguientes valores (IPCC 1996):

GEI	GWP g $CO_{2e}$ / g
$CO_2$	1
$CH_4$	21
$N_2O$	310

**Nota:** El Laboratorio de Pruebas podrá utilizar GWP actualizados o de alguna otra referencia siempre y cuando lo indique claramente en su reporte de resultados cuando así sea el caso.

### 13.17.2. Cálculo del Factor de Emisión de GEI en las Secuencias PAFP → PAPC → PCAC expresado como $CO_{2e}$ .

$$FE[CO_{2e}]_k = \frac{CO_{2e,k} \times VG_k}{[mLEÑA, PAFP, j + mLEÑA, PAPC, j + mLEÑA, PCAC, j]}$$

**Ecuación 17B**

Donde:

$FE[CO_{2e}]_k$	(=)	Factor de Emisión de GEI expresado como $CO_2$ equivalente ( $CO_{2e}$ ) durante la repetición 'k' de la secuencia de pruebas PAFP → PAPC → PCAC, g $CO_{2e}$ / g leña seca <b>Nota 1:</b> Es importante aclarar que este factor de emisión es aplicable para las condiciones de ejecución de este protocolo, incluyendo el diseño de la estufa, su operación para la ejecución de estas pruebas, las diferencias entre operara en frío y en caliente a alta potencia, así como el operar a baja potencia durante un tiempo prolongado, el tipo de leña y su contenido de humedad. <b>Nota 2:</b> El Laboratorio podrá adicionalmente reportar el promedio aritmético de las repeticiones efectuadas para las secuencias PAFP → PAPC → PCAC. <b>Nota 3:</b> Para fines de análisis, se podrán efectuar cálculos independientes para PAFP, PAPC y PCAC, sin embargo, se deberá omitir comparar resultados entre Estufas con datos individuales. <b>Nota 4:</b> Los usuarios de la información podrán realizar cálculos de los Factores de Emisión ponderando por tiempo o tipo de operación (PAFP, PAPC y/o PCAC) a fin de obtener Factores de Emisión mas representativos para otros fines distintos a la comparación entre Estufas.
$CO_{2e,k}$	(=)	Concentración promedio de GEI expresado como $CO_2$ equivalente ( $CO_{2e}$ ) durante la repetición 'k' de la secuencia de pruebas PAFP → PAPC → PCAC, g $CO_{2e}$ / m <sup>3</sup> base seca @ 298 K, 101 325 Pa, 0 cmol/mol $O_2$

$VG_k$	(=)	Volumen Total de Gases Secos Producidos en la repetición 'k' de la secuencia de pruebas PAFP → PAFP → PCAC, m <sup>3</sup> base seca @ 298 K, 101 325 Pa, 0 cmol/mol O <sub>2</sub>
$m_{LEÑA,PAPF,j}$	(=)	Consumo de Leña Seca para alcanzar ebullición en repetición 'j' de PAFP, g
$m_{LEÑA,PAPC,j}$	(=)	Consumo de Leña Seca para alcanzar ebullición en repetición 'j' de PAFP, g
$m_{LEÑA,PCAC,j}$	(=)	Consumo de Leña Seca en repetición 'j' de PCAC, g

### 13.18. Cálculo del Factor de Emisión de COT y CO.

#### 13.18.1. Cálculo la Concentración Promedio de COT y CO en las Secuencias PAFP → PAFP → PCAC.

$$FE[COT]_k = \frac{\frac{COT_k}{1\ 000} \times \frac{(20,9)}{(20,9 - O_{2,k})} \times VG_k}{[m_{LEÑA,PAPF,j} + m_{LEÑA,PAPC,j} + m_{LEÑA,PCAC,j}]}$$

**Ecuación 18A**

$$FE[CO]_k = \frac{\frac{CO_k}{1\ 000} \times \frac{(20,9)}{(20,9 - O_{2,k})} \times VG_k}{[m_{LEÑA,PAPF,j} + m_{LEÑA,PAPC,j} + m_{LEÑA,PCAC,j}]}$$

**Ecuación 18B**

Donde:

$FE[COT]_k$  (=) Factor de Emisión de COT expresado como C durante la repetición 'k' de la secuencia de pruebas PAFP → PAFP → PCAC, g COT como C / g leña seca

$FE[CO]_k$  (=) Factor de Emisión de CO durante la repetición 'k' de la secuencia de pruebas PAFP → PAFP → PCAC, g CO / g leña seca

**Nota 1:** Es importante aclarar que este factor de emisión es aplicable para las condiciones de ejecución de este protocolo, incluyendo el diseño de la estufa, su operación para la ejecución de estas pruebas, las diferencias entre operara en frío y en caliente a alta potencia, así como el operar a baja potencia durante un tiempo prolongado, el tipo de leña y su contenido de humedad.

**Nota 2:** El Laboratorio podrá adicionalmente reportar el promedio aritmético de las repeticiones efectuadas para las secuencias PAFP → PAFP → PCAC.

**Nota 3:** Para fines de análisis, se podrán efectuar cálculos independientes para PAFP, PAFP y PCAC, sin embargo, se deberá omitir comparar resultados entre Estufas con datos individuales.

**Nota 4:** Los usuarios de la información podrán realizar cálculos de los Factores de Emisión ponderando por tiempo o tipo de operación (PAFP, PAFP y/o PCAC) a fin de obtener Factores de Emisión mas representativos para otros fines distintos a la comparación entre Estufas.

$COT_k$  (=) Concentración promedio de COT expresado como C durante la repetición 'k' de la secuencia de pruebas PAFP → PAFP → PCAC, mg COT como C / m<sup>3</sup> base seca @ 298 K, 101 325 Pa

$CO_k$  (=) Concentración promedio de CO durante la repetición 'k' de la secuencia de pruebas PAFP → PAFP → PCAC, mg CO / m<sup>3</sup> base seca @ 298 K, 101 325 Pa

$O_{2,k}$  (=) Concentración promedio de O<sub>2</sub> medida en chimenea durante la repetición 'k' de la secuencia de pruebas PAFP → PAFP → PCAC, cmol/mol base seca

$VG_k$  (=) Volumen Total de Gases Secos Producidos en la repetición 'k' de la secuencia de pruebas PAFP → PAFP → PCAC, m<sup>3</sup> base seca @ 298 K, 101 325 Pa, 0 cmol/mol O<sub>2</sub>

$m_{LEÑA,PAPF,j}$  (=) Consumo de Leña Seca para alcanzar ebullición en repetición 'j' de PAFP, g

$m_{LEÑA,PAPC,j}$  (=) Consumo de Leña Seca para alcanzar ebullición en repetición 'j' de PAFP, g

$m_{LEÑA,PCAC,j}$  (=) Consumo de Leña Seca en repetición 'j' de PCAC, g

**14. Registros y Formas.**

Los Registros y Formas aquí descritos podrán ser modificados para los fines que al usuario le convengan, utilizando diferentes formatos, textos o nomenclatura, siempre y cuando estos incluyan al menos la misma información indicada en este inciso.

**14.1. Forma 1. Registro para Caracterización de la Estufa, Corridas de Práctica y Determinación del Área Efectiva de Cocinado.**

Forma 1 – Hoja 1 de 2 – Registro para Caracterización de la Estufa, Corridas de Práctica y Determinación del Área Efectiva de Cocinado			Número de ID único del Registro, Folio o Equivalente:	
Fechas:		<i>Inicio:</i>	<i>Término:</i>	
Responsable de las Pruebas:				
Asistentes:				
<b>Datos de la Estufa</b>				
Nombre:				
Modelo:				
Fabricante:				
Número de Serie:				
Fabricación:		<input type="checkbox"/> <i>Pre-fabricada</i> <input type="checkbox"/> <i>De fabricación en Sitio</i>		
Ensamblado:		<input type="checkbox"/> <i>Pre-ensamblada</i> <input type="checkbox"/> <i>De ensamblado en Sitio</i>		
Dimensiones de la Estufa:				
Número de Planchas:				
Dimensiones de Planchas		<i>Indicar Diámetro o Lados (cm)</i>		
Plancha Principal (A):				
Plancha Secundaria (B):				
Plancha Secundaria (C):				
Plancha Secundaria (D):				
Espesor de las Planchas (mm):		(A) =	(B) =	
		(C) =	(D) =	
Aditamentos adicionales:				
Tipo de Entrega de Humos:		<input type="checkbox"/> <i>Horizontal</i> <input type="checkbox"/> <i>Vertical</i>		
Materiales de Construcción:				
Dimensiones de la Chimenea (cm):		<i>Altura Tramo Recto = _____</i> <i>Diámetro = _____</i>		
Posee Manual de Ensamble/Instalación:		<i>SI</i>	<i>NO</i>	
Observaciones sobre la Estufa:				
Descripción y Dimensiones de Conversión Geométrica para Conexión a Chimenea:				
<b>Datos del Sitio de Pruebas</b>				
Razón Social:				
Ciudad:				
Estado:				
Teléfono:				
Responsable:				
Correo Elec.:				
Página Internet:				
Altitud (m):				
Laboratorio cumple con las Especificaciones del Protocolo?		<i>SI</i>	<i>NO</i>	
Observaciones:				
Detalles de Instalación de la Estufa:				
Superficie Nominal de Cocinado (SNC) (cm <sup>2</sup> ):				
Plancha Principal (A):				
Plancha Secundaria (B):				
Plancha Secundaria (C):				
Plancha Secundaria (D):				
Altura de las Superficies de Cocinado con Respecto al Suelo (cm):		(A) = _____	(B) = _____	(C) = _____
		(D) = _____		
Número de Hogares:				
Dimensiones del Hogar (cm):				
Dimensiones Transversales de la Boca del Hogar (cm)		<i>Ancho = _____</i>	<i>Alto = _____</i>	
Observaciones sobre el Hogar:				
Número de Bocas para Entrega de Humos:				

**Protocolo de Pruebas Normalizado para la Evaluación del Desempeño Micro-Ambiental, Energético y Ambiental de Estufas Mejoradas que Queman Leña**  
 Revisión 1 – 8 de junio del 2011

<b>Forma 1 – Hoja 2 de 2 – Registro para Caracterización de la Estufa, Corridas de Práctica y Determinación del Área Efectiva de Cocinado</b>						Número de ID único del Registro, Folio o Equivalente:							
<b>Pruebas Preliminares de Práctica</b>						<b>Diagramas y/o Notas Adicionales</b>							
Prueba	Hora Inicio			Hora Terminación									
PAPF													
PAPC													
PCAC													
<b>Determinación de la Superficie Efectiva de Calentamiento (SEC) (durante la ejecución de PCAC)</b>													
ID Sensor de Temperatura Superficial:													
Intervalo de Medición (°C):										De:		A:	
Tipo de Sensor:													
ID de Informe de Calibración:													
Fecha de Caducidad de Calibración:													
Error Promedio de Calibración (°C):													
Número Total de Nodos (N <sub>T</sub> )		(A) =								MAX 49			
		(B) =								MAX 49			
		(C) =								MAX 49			
		(D) =								MAX 49			
Nodo	Temperatura Superficial (°C)				Nodo					(A)	(B)	(C)	(D)
	(A)	(B)	(C)	(D)									
1					26								
2					27								
3					28								
4					29								
5					30								
6					31								
7					32								
8					33								
9					34								
10					35								
11					36								
12					37								
13					38								
14					39								
15					40								
16					41								
17					42								
18					43								
19					44								
20					45								
21					46								
22					47								
23					48								
24					49								
25					-	-	-	-	-				
Número de Nodos por Debajo de 200°C (N <sub>B</sub> )		(A) =											
		(B) =											
		(C) =											
		(D) =											
Superficie Efectiva de Cocinado (cm <sup>2</sup> ):		(A) =											
		(B) =											
		(C) =											
		(D) =											
						<b>Firma del Responsable de las Pruebas</b>							

14.2. Forma 2. Pruebas de Desempeño Energético – Secuencia PAPP → PAPP → PCAC.

<b>Forma 2 – Hoja 1 de 9 – Pruebas de Desempeño Energético – Secuencia PAPP → PAPP → PCAC</b>				Número de ID único del Registro, Folio o Equivalente:	
<b>Enfriamiento Inicial</b>					
Fecha:		Hora:		Temp. Ambiente (°C):	
Temp. Planchas (°C)		Temperatura Piso Hogar (°C):		Temp. Interior Estufa (°C):	
<b>Recipiente(s) para la Prueba de Desempeño Energético</b>					
Superficie Efectiva de Cocinado – Plancha A – $SEC_A$ (cm <sup>2</sup> )					
Tamaño de Recipiente de acuerdo a ASTM E960-93 (reapproved 2008) – Ver <b>Tabla 2</b>					
Número de Recipientes Requeridos ( $N_{RECIPIENTES}$ ) – Ver <b>Tabla 2</b> (se deben identificar como 1, 2, 3...)					
Capacidad de los Recipientes (cm <sup>3</sup> )					
<b>REPETICION 1</b>					
<b>Prueba de Alta Potencia en Frío (PAPP)</b>					
ID del Instrumento de Pesar:		Clase:		Esp. II	Tipo:
Intervalo de Medición (g):	De:	A:		División Real de Escala (g):	
ID de Informe de Calibración:		Fecha de Caducidad:			
Verificación de Balanza	Masa Certificada (g):			Respuesta Instrumento (g):	
	<b>Recipiente 1</b>	<b>Recipiente 2</b>	<b>Recipiente 3</b>	<b>Recipiente 4</b>	<b>Recipiente 5</b>
Masa de Recipiente Vacío ( $m_i$ ) (g)					
Masa de Total de Agua ( $m_{H_2O,TOTAL}$ ) (g)					
Masa de Agua por Recipiente ( $m_{H_2O,RECIPIENTE}$ ) (g)					
Fecha:					
Hora:					
Masa de Inicial del Recipiente con Agua ( $m_{H_2O,PAPP,i,1}$ ) (g)					
Temperatura Ambiente Inicial ( $T_{A,PAPP,i,1}$ ) (°C):					
Presión Barométrica Inicial ( $P_{B,PAPP,i,1}$ ) (Pa):					
Masa Inicial de Leña ( $m_{LEÑA,PAPP,i,1}$ ) (g)					
ID de muestra de Leña para Análisis CHONS:					
ID de Sensores de Temperatura:					
Temperatura Inicial del Agua ( $T_{H_2O,PAPP,i,1}$ ) (°C):					
Tiempo transcurrido para alcanzar Temperatura Final ( $\theta_{PAPP,F,i,1}$ ) (mm:ss) (donde $\theta_{PAPP,i,1} = 0$ )					
Temperatura Final del Agua ( $T_{H_2O,PAPP,i,F,1}$ ) (°C):					
Masa Final de Leña ( $m_{LEÑA,PAPP,F,1}$ ) (g)					
Masa Final de Cenizas y Carbón ( $m_{CENIZAS,PAPP,1}$ ) (g) <i>Nota: se deberá pesar en un recipiente previamente tarado.</i>					
Masa de Final del Recipiente con Agua ( $m_{H_2O,PAPP,i,F,1}$ ) (g)					
Temperatura Ambiente Final ( $T_{A,PAPP,F,1}$ ) (°C):					
Presión Barométrica Final ( $P_{B,PAPP,F,1}$ ) (Pa):					
Temperatura Ambiente Promedio ( $T_{A,PAPP,1}$ ) (°C):					
Presión Barométrica Promedio ( $P_{B,PAPP,1}$ ) (Pa):					
Temperatura de Ebullición Nominal ( $T_{B,N,PAPP,1}$ ) (°C):					
Eficiencia Térmica ( $ET_{PAPP,1}$ ) (%)					
Tiempo Necesario Corregido @ $\Delta T = 75^\circ C$ para Alcanzar Ebullición ( $\Delta\theta_{PAPP,i,1,@\Delta T=75^\circ C}$ ) (min)					
Potencia de Fuego ( $PF_{PAPP,1}$ ) (kJ/s)					
Comentarios y Observaciones:					

<b>Forma 2 – Hoja 2 de 9 – Pruebas de Desempeño Energético – Secuencia PAPF → PAPC → PCAC</b>		Número de ID único del Registro, Folio o Equivalente:			
<b>REPETICION 1</b>					
<b>Prueba de Alta Potencia en Caliente (PAPC)</b>					
	<b>Recipiente 1</b>	<b>Recipiente 2</b>	<b>Recipiente 3</b>	<b>Recipiente 4</b>	<b>Recipiente 5</b>
Fecha:					
Hora:					
Masa de Inicial del Recipiente con Agua ( $m_{H_2O,PAPC,i,1}$ ) (g)					
Temperatura Ambiente Inicial ( $T_{A,PAPC,i,1}$ ) (°C):					
Presión Barométrica Inicial ( $P_{B,PAPC,i,1}$ ) (Pa):					
Masa Inicial de Leña ( $m_{LEÑA,PAPC,i,1}$ ) (g)					
Temperatura Inicial del Agua ( $T_{H_2O,PAPC,i,1,1}$ ) (°C):					
Tiempo transcurrido para alcanzar Temperatura Final ( $\theta_{PAPC,F,i,1}$ ) (mm:ss) (donde $\theta_{PAPC,i,1} = 0$ )					
Temperatura Final del Agua ( $T_{H_2O,PAPC,i,F,1}$ ) (°C):					
Masa Final de Leña ( $m_{LEÑA,PAPC,F,1}$ ) (g)					
Masa Final de Cenizas y Carbón ( $m_{CENIZAS,PAPC,1}$ ) (g) <i>Nota: se deberá pesar en un recipiente previamente tarado.</i>					
Masa de Final del Recipiente con Agua ( $m_{H_2O,PAPC,i,F,1}$ ) (g)					
Temperatura Ambiente Final ( $T_{A,PAPC,F,1}$ ) (°C):					
Presión Barométrica Final ( $P_{B,PAPC,F,1}$ ) (Pa):					
Temperatura Ambiente Promedio ( $T_{A,PAPC,1}$ ) (°C):					
Presión Barométrica Promedio ( $P_{B,PAPC,1}$ ) (Pa):					
Temperatura de Ebullición Nominal ( $T_{B,N,PAPC,1}$ ) (°C):					
Eficiencia Térmica ( $ET_{PAPC,1}$ ) (%)					
Tiempo Necesario Corregido @ $\Delta T = 75^\circ C$ para Alcanzar Ebullición ( $\Delta\theta_{PAPC,i,1,@\Delta T=75^\circ C}$ ) (min)					
Potencia de Fuego ( $PF_{PAPC,1}$ ) (kJ/s)					
Comentarios y Observaciones:					

Forma 2 – Hoja 3 de 9 – Pruebas de Desempeño Energético – Secuencia PAPF → PACC → PCAC		Número de ID único del Registro, Folio o Equivalente:				
<b>REPETICION 1</b>						
<b>Prueba de Calentamiento Constante (PCAC)</b>						
		Recipiente 1	Recipiente 2	Recipiente 3	Recipiente 4	Recipiente 5
Fecha:						
Hora:						
Masa de Inicial del Recipiente con Agua ( $m_{H_2O,PCAC,i,1}$ ) (g)						
Temperatura Ambiente Inicial ( $T_{A,PCAC,i,1}$ ) (°C):						
Presión Barométrica Inicial ( $P_{B,PCAC,i,1}$ ) (Pa):						
Masa Inicial de Leña ( $m_{LEÑA,PCAC,i,1}$ ) (g)						
Temperatura del Agua	Tiempo (min)	-	-	-	-	-
Temperatura Inicial del Agua ( $T_{H_2O,PAPC,i,1}$ ) (°C):	0					
Temperatura del Agua ( $T_{H_2O,PAPC,i,1}$ ) (°C):	5					
	10					
	15					
	20					
	25					
	30					
	35					
40						
Temperatura Final del Agua ( $T_{H_2O,PAPC,i,F,1}$ ) (°C):	45					
Masa Final de Leña ( $m_{LEÑA,PCAC,F,1}$ ) (g)						
Masa Final de Cenizas y Carbón ( $m_{CENIZAS,PCAC,1}$ ) (g) <i>Nota: se deberá pesar en un recipiente previamente tarado.</i>						
Masa de Final del Recipiente con Agua ( $m_{H_2O,PCAC,i,F,1}$ ) (g)						
Temperatura Ambiente Final ( $T_{A,PCAC,F,1}$ ) (°C):						
Presión Barométrica Final ( $P_{B,PCAC,F,1}$ ) (Pa):						
Temperatura Ambiente Promedio ( $T_{A,PCAC,1}$ ) (°C):						
Presión Barométrica Promedio ( $P_{B,PCAC,1}$ ) (Pa):						
Temperatura de Ebullición Nominal ( $T_{B,N,PCAC,1}$ ) (°C):						
Eficiencia Térmica ( $ET_{PCAC,1}$ ) (%)						
Tiempo Necesario Corregido @ $\Delta T = 75^\circ C$ para Alcanzar Ebullición ( $\Delta\theta_{PCAC,i,1,@\Delta T=75^\circ C}$ ) (min)						
Potencia de Fuego ( $PF_{PCAC,1}$ ) (kJ/s)						
Comentarios y Observaciones:						

<b>Forma 2 – Hoja 4 de 9 – Pruebas de Desempeño Energético – Secuencia PAFP → PACP → PCAC</b>				Número de ID único del Registro, Folio o Equivalente:	
<b>Enfriamiento Inicial</b>					
Fecha:		Hora:		Temp. Ambiente (°C):	
Temp. Planchas (°C)		Temperatura Piso Hogar (°C):		Temp. Interior Estufa (°C):	
<b>REPETICION 2</b>					
<b>Prueba de Alta Potencia en Frío (PAFP)</b>					
ID del Instrumento de Pesar:		Clase:		Esp. II	Tipo:
Intervalo de Medición (g):	De:	A:		División Real de Escala (g):	
ID de Informe de Calibración:		Fecha de Caducidad:			
Verificación de Balanza	Masa Certificada (g):			Respuesta Instrumento (g):	
		<b>Recipiente 1</b>	<b>Recipiente 2</b>	<b>Recipiente 3</b>	<b>Recipiente 4</b>
Masa de Recipiente Vacío ( $m_i$ ) (g)					
Masa de Total de Agua ( $m_{H_2O,TOTAL}$ ) (g)					
Masa de Agua por Recipiente ( $m_{H_2O,RECIPIENTE}$ ) (g)					
Fecha:					
Hora:					
Masa de Inicial del Recipiente con Agua ( $m_{H_2O,PAFP,i,1,2}$ ) (g)					
Temperatura Ambiente Inicial ( $T_{A,PAFP,i,2}$ ) (°C):					
Presión Barométrica Inicial ( $P_{B,PAFP,i,2}$ ) (Pa):					
Masa Inicial de Leña ( $m_{LEÑA,PAFP,i,2}$ ) (g)					
ID de Sensores de Temperatura:					
Temperatura Inicial del Agua ( $T_{H_2O,PAFP,i,1,2}$ ) (°C):					
Tiempo transcurrido para alcanzar Temperatura Final ( $\theta_{PAFP,F,i,2}$ ) (mm:ss) (donde $\theta_{PAFP,i,1,2} = 0$ )					
Temperatura Final del Agua ( $T_{H_2O,PAFP,i,F,2}$ ) (°C):					
Masa Final de Leña ( $m_{LEÑA,PAFP,F,2}$ ) (g)					
Masa Final de Cenizas y Carbón ( $m_{CENIZAS,PAFP,2}$ ) (g) <i>Nota: se deberá pesar en un recipiente previamente tarado.</i>					
Masa de Final del Recipiente con Agua ( $m_{H_2O,PAFP,i,F,2}$ ) (g)					
Temperatura Ambiente Final ( $T_{A,PAFP,F,2}$ ) (°C):					
Presión Barométrica Final ( $P_{B,PAFP,F,2}$ ) (Pa):					
Temperatura Ambiente Promedio ( $T_{A,PAFP,2}$ ) (°C):					
Presión Barométrica Promedio ( $P_{B,PAFP,2}$ ) (Pa):					
Temperatura de Ebullición Nominal ( $T_{B,N,PAFP,2}$ ) (°C):					
Eficiencia Térmica ( $ET_{PAFP,2}$ ) (%)					
Tiempo Necesario Corregido @ $\Delta T = 75^\circ C$ para Alcanzar Ebullición ( $\Delta\theta_{PAFP,i,2,@\Delta T=75^\circ C}$ ) (min)					
Potencia de Fuego ( $PF_{PAFP,2}$ ) (kJ/s)					
Comentarios y Observaciones:					

<b>Forma 2 – Hoja 5 de 9 – Pruebas de Desempeño Energético – Secuencia PAPF → PAPC → PCAC</b>		Número de ID único del Registro, Folio o Equivalente:			
<b>REPETICION 2</b>					
<b>Prueba de Alta Potencia en Caliente (PAPC)</b>					
	<b>Recipiente 1</b>	<b>Recipiente 2</b>	<b>Recipiente 3</b>	<b>Recipiente 4</b>	<b>Recipiente 5</b>
Fecha:					
Hora:					
Masa de Inicial del Recipiente con Agua ( $m_{H_2O,PAPC,i,2}$ ) (g)					
Temperatura Ambiente Inicial ( $T_{A,PAPC,i,2}$ ) (°C):					
Presión Barométrica Inicial ( $P_{B,PAPC,i,2}$ ) (Pa):					
Masa Inicial de Leña ( $m_{LEÑA,PAPC,i,2}$ ) (g)					
Temperatura Inicial del Agua ( $T_{H_2O,PAPC,i,2}$ ) (°C):					
Tiempo transcurrido para alcanzar Temperatura Final ( $\theta_{PAPC,F,i,2}$ ) (mm:ss) (donde $\theta_{PAPC,i,2} = 0$ )					
Temperatura Final del Agua ( $T_{H_2O,PAPC,i,F,2}$ ) (°C):					
Masa Final de Leña ( $m_{LEÑA,PAPC,F,2}$ ) (g)					
Masa Final de Cenizas y Carbón ( $m_{CENIZAS,PAPC,2}$ ) (g) <i>Nota: se deberá pesar en un recipiente previamente tarado.</i>					
Masa de Final del Recipiente con Agua ( $m_{H_2O,PAPC,i,F,2}$ ) (g)					
Temperatura Ambiente Final ( $T_{A,PAPC,F,2}$ ) (°C):					
Presión Barométrica Final ( $P_{B,PAPC,F,2}$ ) (Pa):					
Temperatura Ambiente Promedio ( $T_{A,PAPC,2}$ ) (°C):					
Presión Barométrica Promedio ( $P_{B,PAPC,2}$ ) (Pa):					
Temperatura de Ebullición Nominal ( $T_{B,N,PAPC,2}$ ) (°C):					
Eficiencia Térmica ( $ET_{PAPC,2}$ ) (%)					
Tiempo Necesario Corregido @ $\Delta T = 75^\circ C$ para Alcanzar Ebullición ( $\Delta\theta_{PAPC,i,2,@\Delta T=75^\circ C}$ ) (min)					
Potencia de Fuego ( $PF_{PAPC,2}$ ) (kJ/s)					
Comentarios y Observaciones:					

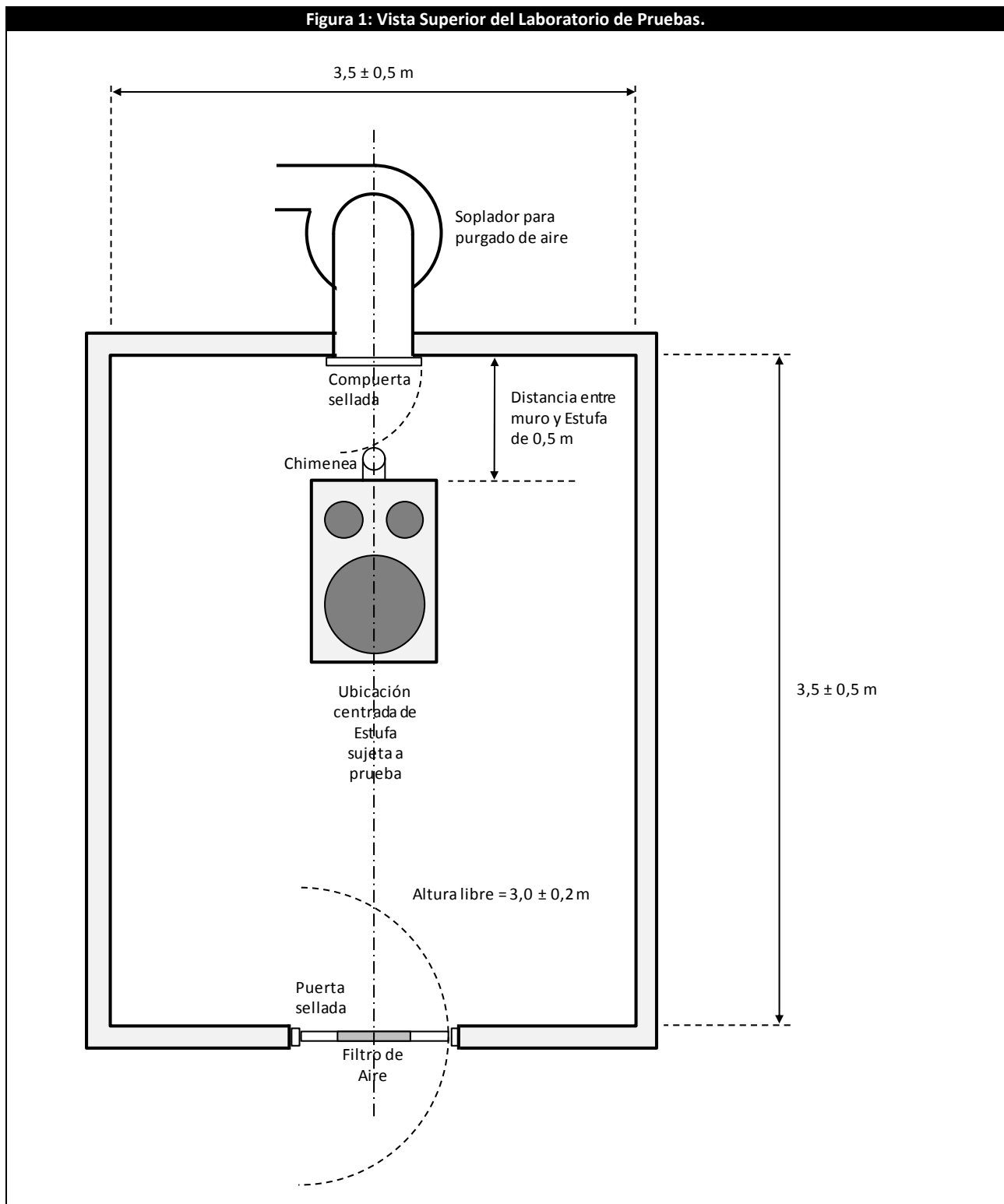
Forma 2 – Hoja 6 de 9 – Pruebas de Desempeño Energético – Secuencia PAPF → PACC → PCAC		Número de ID único del Registro, Folio o Equivalente:				
<b>REPETICION 2</b>						
<b>Prueba de Calentamiento Constante (PCAC)</b>						
		Recipiente 1	Recipiente 2	Recipiente 3	Recipiente 4	Recipiente 5
Fecha:						
Hora:						
Masa de Inicial del Recipiente con Agua ( $m_{H_2O,PCAC,i,j,2}$ ) (g)						
Temperatura Ambiente Inicial ( $T_{A,PCAC,i,j,2}$ ) (°C):						
Presión Barométrica Inicial ( $P_{B,PCAC,i,j,2}$ ) (Pa):						
Masa Inicial de Leña ( $m_{LEÑA,PCAC,i,j,2}$ ) (g)						
Temperatura del Agua	Tiempo (min)	-	-	-	-	-
Temperatura Inicial del Agua ( $T_{H_2O,PAPC,i,j,2}$ ) (°C):	0					
Temperatura del Agua ( $T_{H_2O,PAPC,i,j,2}$ ) (°C):	5					
	10					
	15					
	20					
	25					
	30					
	35					
40						
Temperatura Final del Agua ( $T_{H_2O,PAPC,i,j,2}$ ) (°C):	45					
Masa Final de Leña ( $m_{LEÑA,PCAC,F,2}$ ) (g)						
Masa Final de Cenizas y Carbón ( $m_{CENIZAS,PCAC,2}$ ) (g) <i>Nota: se deberá pesar en un recipiente previamente tarado.</i>						
Masa de Final del Recipiente con Agua ( $m_{H_2O,PCAC,i,j,2}$ ) (g)						
Temperatura Ambiente Final ( $T_{A,PCAC,F,2}$ ) (°C):						
Presión Barométrica Final ( $P_{B,PCAC,F,2}$ ) (Pa):						
Temperatura Ambiente Promedio ( $T_{A,PCAC,2}$ ) (°C):						
Presión Barométrica Promedio ( $P_{B,PCAC,2}$ ) (Pa):						
Temperatura de Ebullición Nominal ( $T_{B,N,PCAC,2}$ ) (°C):						
Eficiencia Térmica ( $ET_{PCAC,2}$ ) (%)						
Tiempo Necesario Corregido @ $\Delta T = 75^\circ C$ para Alcanzar Ebullición ( $\Delta\theta_{PCAC,i,j,2,@\Delta T=75^\circ C}$ ) (min)						
Potencia de Fuego ( $PF_{PCAC,2}$ ) (kJ/s)						
Comentarios y Observaciones:						

<b>Forma 2 – Hoja 7 de 9 – Pruebas de Desempeño Energético – Secuencia PAFP → PACP → PCAC</b>				Número de ID único del Registro, Folio o Equivalente:	
<b>Enfriamiento Inicial</b>					
Fecha:		Hora:		Temp. Ambiente (°C):	
Temp. Planchas (°C)		Temperatura Piso Hogar (°C):		Temp. Interior Estufa (°C):	
<b>REPETICION 3</b>					
<b>Prueba de Alta Potencia en Frío (PAFP)</b>					
ID del Instrumento de Pesar:		Clase:		Esp. II	Tipo:
Intervalo de Medición (g):	De:	A:		División Real de Escala (g):	
ID de Informe de Calibración:		Fecha de Caducidad:			
Verificación de Balanza	Masa Certificada (g):			Respuesta Instrumento (g):	
		<b>Recipiente 1</b>	<b>Recipiente 2</b>	<b>Recipiente 3</b>	<b>Recipiente 4</b> <b>Recipiente 5</b>
Masa de Recipiente Vacío ( $m_i$ ) (g)					
Masa de Total de Agua ( $m_{H_2O,TOTAL}$ ) (g)					
Masa de Agua por Recipiente ( $m_{H_2O,RECIPIENTE}$ ) (g)					
Fecha:					
Hora:					
Masa de Inicial del Recipiente con Agua ( $m_{H_2O,PAFP,I,1,3}$ ) (g)					
Temperatura Ambiente Inicial ( $T_{A,PAFP,I,3}$ ) (°C):					
Presión Barométrica Inicial ( $P_{B,PAFP,I,3}$ ) (Pa):					
Masa Inicial de Leña ( $m_{LEÑA,PAFP,I,3}$ ) (g)					
ID de Sensores de Temperatura:					
Temperatura Inicial del Agua ( $T_{H_2O,PAFP,I,1,3}$ ) (°C):					
Tiempo transcurrido para alcanzar Temperatura Final ( $\theta_{PAFP,F,1,3}$ ) (mm:ss) (donde $\theta_{PAFP,I,1,3} = 0$ )					
Temperatura Final del Agua ( $T_{H_2O,PAFP,I,F,3}$ ) (°C):					
Masa Final de Leña ( $m_{LEÑA,PAFP,F,3}$ ) (g)					
Masa Final de Cenizas y Carbón ( $m_{CENIZAS,PAFP,3}$ ) (g) <i>Nota: se deberá pesar en un recipiente previamente tarado.</i>					
Masa de Final del Recipiente con Agua ( $m_{H_2O,PAFP,I,F,3}$ ) (g)					
Temperatura Ambiente Final ( $T_{A,PAFP,F,3}$ ) (°C):					
Presión Barométrica Final ( $P_{B,PAFP,F,3}$ ) (Pa):					
Temperatura Ambiente Promedio ( $T_{A,PAFP,3}$ ) (°C):					
Presión Barométrica Promedio ( $P_{B,PAFP,3}$ ) (Pa):					
Temperatura de Ebullición Nominal ( $T_{B,N,PAFP,3}$ ) (°C):					
Eficiencia Térmica ( $ET_{PAFP,3}$ ) (%)					
Tiempo Necesario Corregido @ $\Delta T = 75^\circ C$ para Alcanzar Ebullición ( $\Delta\theta_{PAFP,I,3,@\Delta T=75^\circ C}$ ) (min)					
Potencia de Fuego ( $PF_{PAFP,3}$ ) (kJ/s)					
Comentarios y Observaciones:					

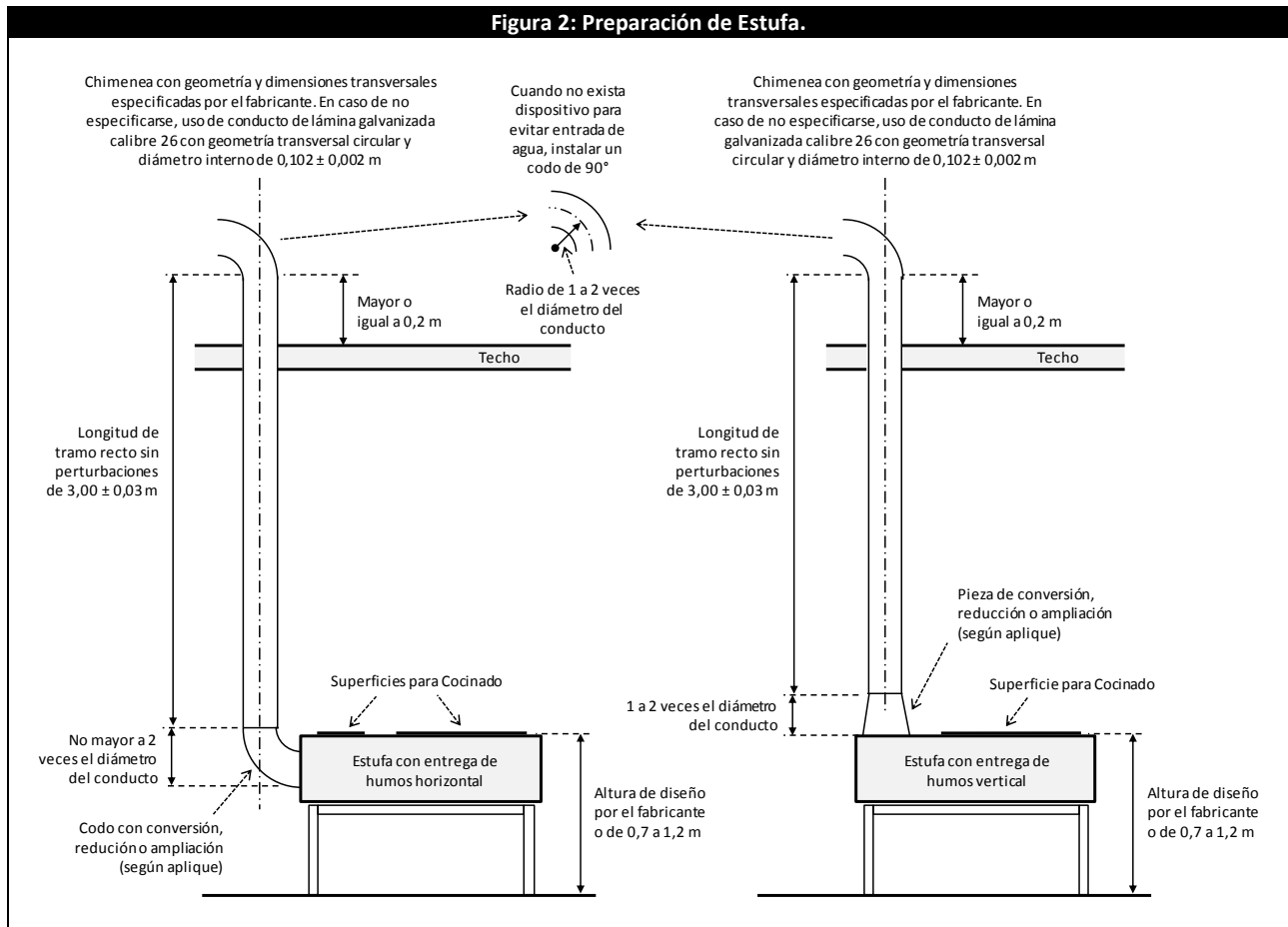
<b>Forma 2 – Hoja 8 de 9 – Pruebas de Desempeño Energético – Secuencia PAPF → PAPC → PCAC</b>		Número de ID único del Registro, Folio o Equivalente:			
<b>REPETICION 3</b>					
<b>Prueba de Alta Potencia en Caliente (PAPC)</b>					
	<b>Recipiente 1</b>	<b>Recipiente 2</b>	<b>Recipiente 3</b>	<b>Recipiente 4</b>	<b>Recipiente 5</b>
Fecha:					
Hora:					
Masa de Inicial del Recipiente con Agua ( $m_{H_2O,PAPC,i,3}$ ) (g)					
Temperatura Ambiente Inicial ( $T_{A,PAPC,i,3}$ ) (°C):					
Presión Barométrica Inicial ( $P_{B,PAPC,i,3}$ ) (Pa):					
Masa Inicial de Leña ( $m_{LEÑA,PAPC,i,3}$ ) (g)					
Temperatura Inicial del Agua ( $T_{H_2O,PAPC,i,3}$ ) (°C):					
Tiempo transcurrido para alcanzar Temperatura Final ( $\theta_{PAPC,F,i,3}$ ) (mm:ss) (donde $\theta_{PAPC,i,3} = 0$ )					
Temperatura Final del Agua ( $T_{H_2O,PAPC,i,F,3}$ ) (°C):					
Masa Final de Leña ( $m_{LEÑA,PAPC,F,3}$ ) (g)					
Masa Final de Cenizas y Carbón ( $m_{CENIZAS,PAPC,3}$ ) (g) <i>Nota: se deberá pesar en un recipiente previamente tarado.</i>					
Masa de Final del Recipiente con Agua ( $m_{H_2O,PAPC,i,F,3}$ ) (g)					
Temperatura Ambiente Final ( $T_{A,PAPC,F,3}$ ) (°C):					
Presión Barométrica Final ( $P_{B,PAPC,F,3}$ ) (Pa):					
Temperatura Ambiente Promedio ( $T_{A,PAPC,3}$ ) (°C):					
Presión Barométrica Promedio ( $P_{B,PAPC,3}$ ) (Pa):					
Temperatura de Ebullición Nominal ( $T_{B,N,PAPC,3}$ ) (°C):					
Eficiencia Térmica ( $ET_{PAPC,3}$ ) (%)					
Tiempo Necesario Corregido @ $\Delta T = 75^\circ C$ para Alcanzar Ebullición ( $\Delta\theta_{PAPC,i,3,@\Delta T=75^\circ C}$ ) (min)					
Potencia de Fuego ( $PF_{PAPC,3}$ ) (kJ/s)					
Comentarios y Observaciones:					

Forma 2 – Hoja 9 de 9 – Pruebas de Desempeño Energético – Secuencia PAPF → PACC → PCAC		Número de ID único del Registro, Folio o Equivalente:				
<b>REPETICION 3</b>						
<b>Prueba de Calentamiento Constante (PCAC)</b>						
		Recipiente 1	Recipiente 2	Recipiente 3	Recipiente 4	Recipiente 5
Fecha:						
Hora:						
Masa de Inicial del Recipiente con Agua ( $m_{H_2O,PCAC,i,3}$ ) (g)						
Temperatura Ambiente Inicial ( $T_{A,PCAC,i,3}$ ) (°C):						
Presión Barométrica Inicial ( $P_{B,PCAC,i,3}$ ) (Pa):						
Masa Inicial de Leña ( $m_{LEÑA,PCAC,i,3}$ ) (g)						
Temperatura del Agua	Tiempo (min)	-	-	-	-	-
Temperatura Inicial del Agua ( $T_{H_2O,PAPC,i,3}$ ) (°C):	0					
Temperatura del Agua ( $T_{H_2O,PAPC,i,3}$ ) (°C):	5					
	10					
	15					
	20					
	25					
	30					
	35					
40						
Temperatura Final del Agua ( $T_{H_2O,PAPC,i,F,3}$ ) (°C):	45					
Masa Final de Leña ( $m_{LEÑA,PCAC,F,3}$ ) (g)						
Masa Final de Cenizas y Carbón ( $m_{CENIZAS,PCAC,3}$ ) (g) <i>Nota: se deberá pesar en un recipiente previamente tarado.</i>						
Masa de Final del Recipiente con Agua ( $m_{H_2O,PCAC,i,F,3}$ ) (g)						
Temperatura Ambiente Final ( $T_{A,PCAC,F,3}$ ) (°C):						
Presión Barométrica Final ( $P_{B,PCAC,F,3}$ ) (Pa):						
Temperatura Ambiente Promedio ( $T_{A,PCAC,3}$ ) (°C):						
Presión Barométrica Promedio ( $P_{B,PCAC,3}$ ) (Pa):						
Temperatura de Ebullición Nominal ( $T_{B,N,PCAC,3}$ ) (°C):						
Eficiencia Térmica ( $ET_{PCAC,3}$ ) (%)						
Tiempo Necesario Corregido @ $\Delta T = 75^\circ C$ para Alcanzar Ebullición ( $\Delta\theta_{PCAC,i,3,@\Delta T=75^\circ C}$ ) (min)						
Potencia de Fuego ( $PF_{PCAC,3}$ ) (kJ/s)						
Comentarios y Observaciones:						
<b>Firma del Responsable de las Pruebas:</b>						

15. Figuras.

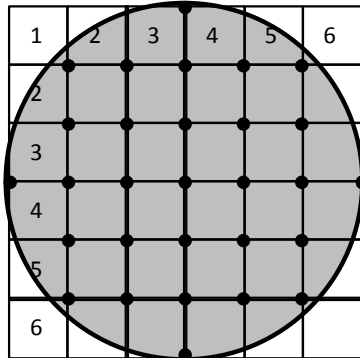


**Figura 2: Preparación de Estufa.**

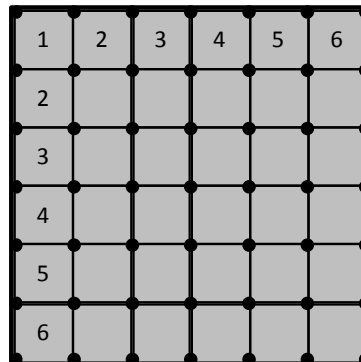


**Figura 3: Matriz de Nodos (Puntos) para la Evaluación de la Superficie Efectiva de Cocinado.**

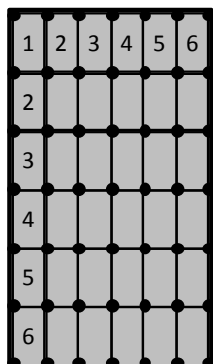
Distribución de Nodos para  
Plancha Circular



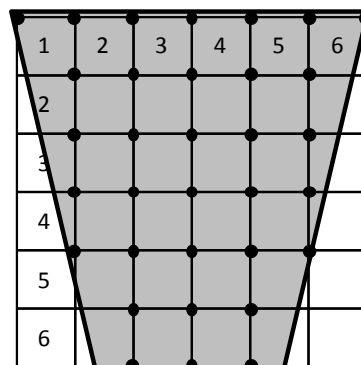
Distribución de Nodos para  
Plancha Cuadrada



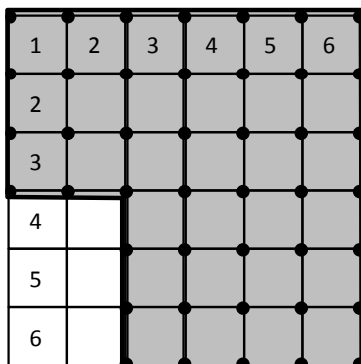
Distribución de Nodos para  
Plancha Rectangular



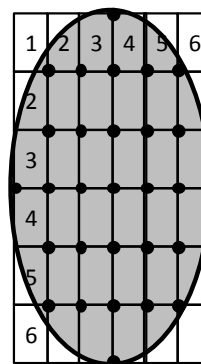
Distribución de Nodos para  
Plancha Trapezoidal



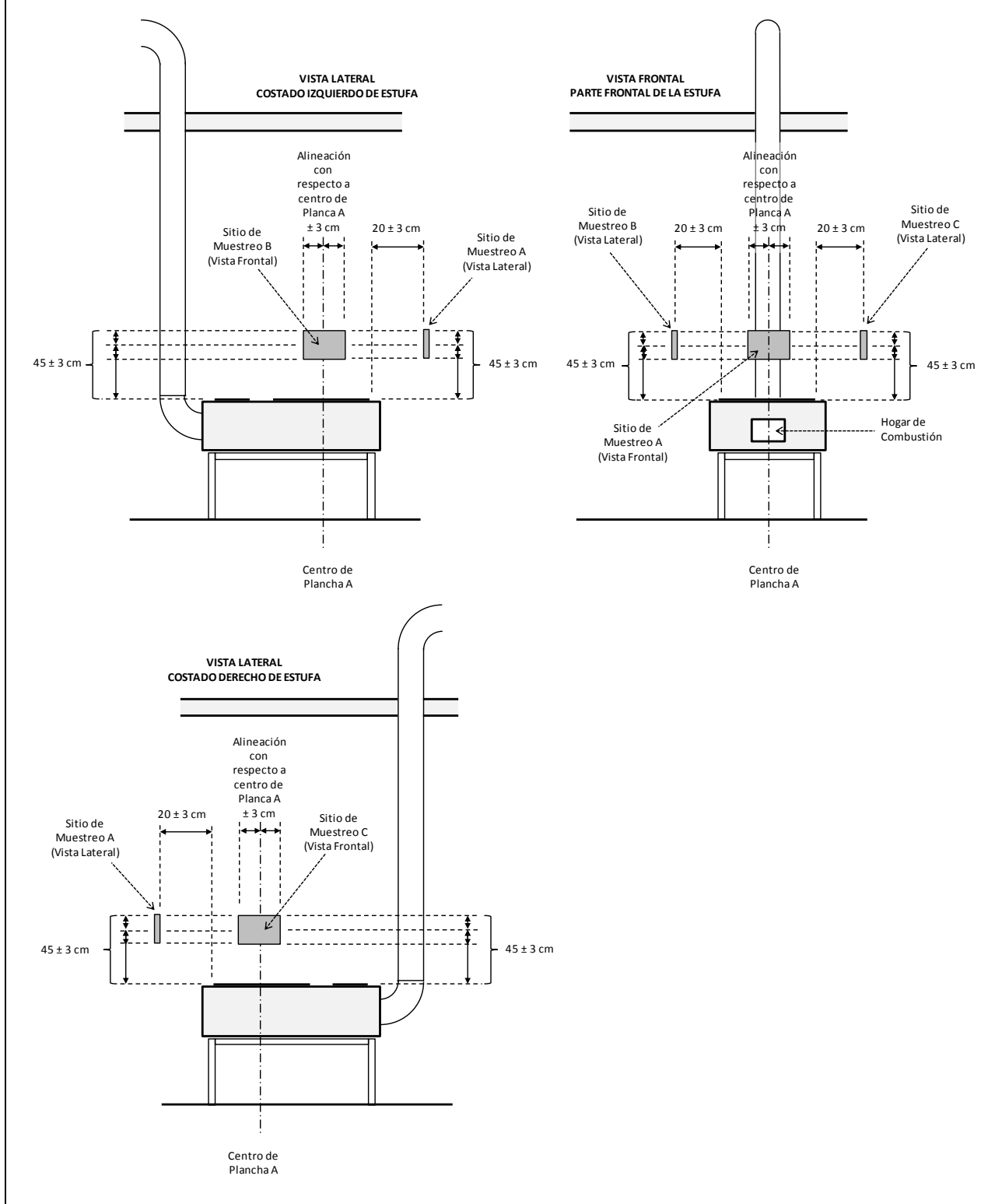
Distribución de Nodos para  
Plancha de Geometría Irregular



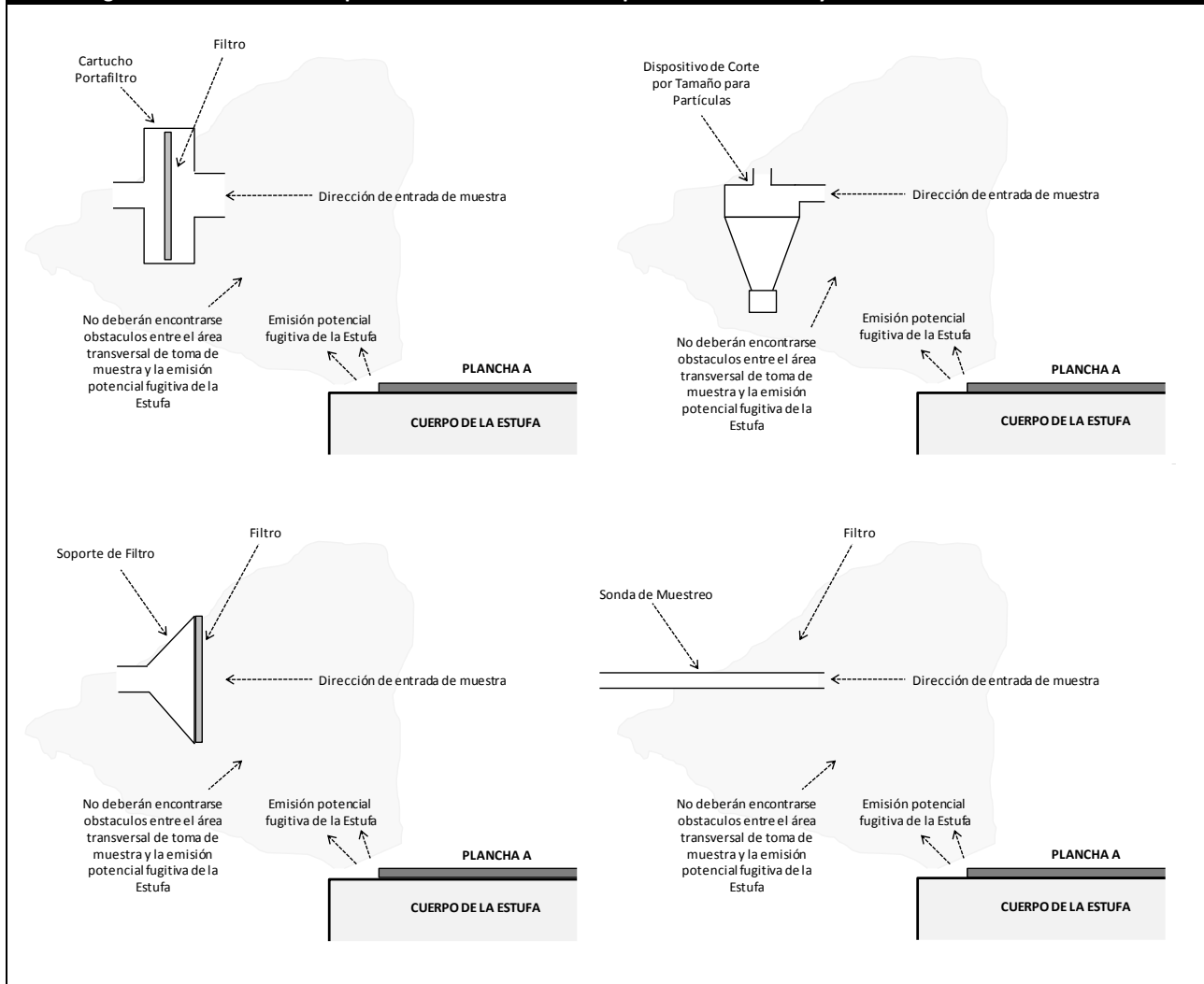
Distribución de Nodos para  
Plancha Ovalada



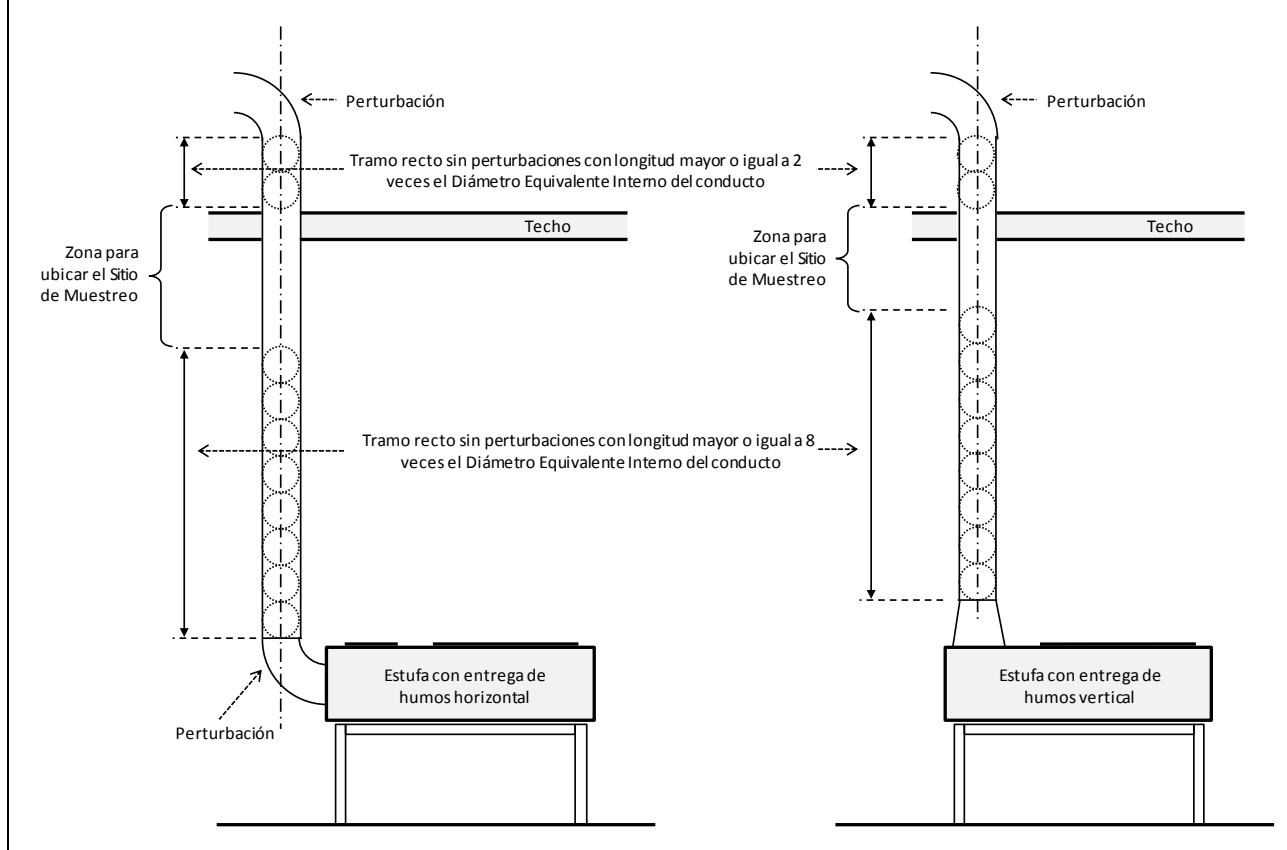
**Figura 4: Ubicación de Sitios de Muestreo A, B y C para Muestreadores y Monitores de Micro-Ambiente.**



**Figura 5: Orientación de Dispositivo de Toma de Muestra para Muestreadores y Monitores de Micro-Ambiente.**



**Figura 6: Ubicación del Sitio de Muestreo para Evaluación del Desempeño Ambiental.**



## 16. Criterios para Evaluación del Desempeño de Estufa.

### 16.1. Desempeño Energético.

#### 16.1.1. Eficiencia Térmica (ET).

16.1.1.1. El resultado de restarle a la Eficiencia Térmica promedio de las 3 repeticiones PAPP el equivalente a 4,30 veces la Desviación Normal obtenida en estas 3 repeticiones, deberá ser mayor o igual a **X% (POR DEFINIRSE)**.

16.1.1.2. El resultado de restarle a la Eficiencia Térmica promedio de las 3 repeticiones PAPC el equivalente a 4,30 veces la Desviación Normal obtenida en estas 3 repeticiones, deberá ser mayor o igual a **Y% (POR DEFINIRSE)**.

16.1.1.3. El resultado de restarle a la Eficiencia Térmica promedio de las 3 repeticiones PCAC el equivalente a 4,30 veces la Desviación Normal obtenida en estas 3 repeticiones, deberá ser mayor o igual a **Z% (POR DEFINIRSE)**.

#### 16.1.2. Tiempo Necesario Corregido @ $\Delta T = 75^{\circ}\text{C}$ para Alcanzar Ebullición ( $\Delta\theta_{\Delta T=75^{\circ}\text{C}}$ ).

16.1.2.1. El resultado de sumarle al  $\Delta\theta_{\Delta T=75^{\circ}\text{C}}$  promedio de las 3 repeticiones PAPP el equivalente a 4,30 veces la Desviación Normal obtenida en estas 3 repeticiones, deberá ser menor o igual a **XX min (POR DEFINIRSE)**.

16.1.2.2. El resultado de sumarle al  $\Delta\theta_{\Delta T=75^{\circ}\text{C}}$  promedio de las 3 repeticiones PAPC el equivalente a 4,30 veces la Desviación Normal obtenida en estas 3 repeticiones, deberá ser menor o igual a **XY min (POR DEFINIRSE)**.

#### 16.1.3. Potencia de Fuego (PF).

16.1.3.1. El resultado de restarle a la Potencia de Fuego promedio de las 3 repeticiones PAPP el equivalente a 4.30 la Desviación Normal obtenida en estas 3 repeticiones, deberá ser mayor o igual a **XXX kJ/s (POR DEFINIRSE)**.

16.1.3.2. El resultado de restarle a la Potencia de Fuego promedio de las 3 repeticiones PAPC el equivalente a 4.30 la Desviación Normal obtenida en estas 3 repeticiones, deberá ser mayor o igual a **YYY kJ/s (POR DEFINIRSE)**.

16.1.3.3. El resultado de restarle a la Potencia de Fuego promedio de las 3 repeticiones PCAC el equivalente a 4.30 la Desviación Normal obtenida en estas 3 repeticiones, deberá ser mayor o igual a **ZZZ kJ/s (POR DEFINIRSE)**.

#### 16.1.4. Índice de Reducción de Potencia de Fuego (IRPF).

16.1.4.1. El resultado de restarle al IRPF promedio de las 3 repeticiones PCAC el equivalente a 4,30 veces la Desviación Normal obtenida en estas 3 repeticiones, deberá ser mayor o igual a **XXXX (POR DEFINIRSE)**.

### 16.2. Desempeño Micro-Ambiental.

16.2.1. El resultado de sumarle a la concentración promedio de las 3 repeticiones de la secuencia PAPP → PAPC → PCAC de cada contaminante en cada sitio de muestreo, el equivalente a 4,30 veces la Desviación Normal obtenida en estas 3 repeticiones, deberá ser menor o igual a los siguientes valores **(POR DEFINIRSE)**:

Contaminante	Concentración Máxima Permitida
PT	210 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ @ condiciones actuales
PM <sub>10</sub>	120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ @ condiciones actuales
PM <sub>2,5</sub>	65 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ @ condiciones actuales
CO	11 $\mu\text{mol}/\text{mol}$

**Nota:** Estos criterios de Concentración Máxima Permitida equivalen a los criterios de calidad del aire como promedio de 24 h (a excepción del CO en el que se utiliza promedio de 8 h), indicados en las Normas Oficiales Mexicanas serie SSA1.

### 16.3. Desempeño Ambiental.

**16.3.1.** El resultado de sumarle al Factor de Emisión promedio de GEI de las 3 repeticiones de la secuencia PAPF → PAPC → PCAC de cada contaminante, el equivalente a 4,30 veces la Desviación Normal obtenida en estas 3 repeticiones, deberá ser menor o igual a los siguientes valores:

<u>Factor de Emisión</u>	<u>Factor de Emisión Máximo Permitido</u>
FE[CO <sub>2</sub> e]	$\left[ \frac{\%C}{100} \times \frac{44}{12} \times 1,10 \right]$ g CO <sub>2</sub> e / g leña seca (POR DEFINIRSE)

**Nota:** Este criterio asume que el 10% del Carbono disponible en la leña, expresado en CO<sub>2,e</sub>, podrá ser emitido en otras especies distintas al CO<sub>2</sub>.

**16.3.2.** El resultado de sumarle al Factor de Emisión promedio de COT y CO de las 3 repeticiones de la secuencia PAPF → PAPC → PCAC de cada contaminante, el equivalente a 4,30 veces la Desviación Normal obtenida en estas 3 repeticiones, deberá ser menor o igual a los siguientes valores:

<u>Factor de Emisión</u>	<u>Factor de Emisión Máximo Permitido</u>
FE[COT]	0,040 g COT como C / g leña seca (POR DEFINIRSE)
FE[CO]	0,100 g CO / g leña seca (POR DEFINIRSE)

## **17. Informe.**

**17.1.** Los resultados del presente Protocolo deberán ser reportados exactos, claros, sin ambigüedades y objetivamente, incluyendo aquellas instrucciones específicas indicadas en los Métodos de Referencia utilizados para las mediciones de Desempeño Micro-Ambiental y Ambiental.

**17.2.** Los resultados deberán ser reportados en un Informe o Reporte de Prueba, el cual deberá incluir toda la información necesaria para la interpretación de los resultados.

**17.3.** Se deberá elaborar un Informe o Reporte de Prueba por cada modelo de Estufa evaluado el cual deberá incluir los resultados completos de la secuencia PAPF → PAPC → PCAC. Se deberá omitir la preparación de Informes o Reportes de secuencias de prueba incompletas o con resultados parciales.

**17.4.** Cada Reporte o Informe de Prueba deberá incluir al menos la siguiente información:

- a) un título (por ejemplo “Reporte de Prueba” o “Informe de Prueba”);
- b) el nombre y dirección de Laboratorio de Pruebas Responsable, y el lugar donde las pruebas fueron llevadas a cabo;
- c) identificación única del Reporte o Informe de Prueba (por ejemplo un número serial), y en cada página una identificación a fin de asegurar que cada página sea reconocida como parte del documento, y una identificación clara del final del mismo;
- d) el nombre y dirección del cliente;
- e) identificación del Protocolo de Pruebas utilizado;
- f) identificación de los Métodos de Referencia utilizados para las pruebas de Desempeño Micro-Ambiental, Ambiental y de caracterización de la Leña;
- g) una descripción de la Estufa sujeta al Protocolo, indicando al menos la información de caracterización incluida en la Forma 1 para Registro para Caracterización de la Estufa, Corridas de Práctica y Determinación del Área Efectiva de Cocinado;
- h) el día de recepción de la Estufa cuando esto sea crítico para la validez de los resultados, y el día o días en que se efectuaron las pruebas;
- i) los resultados de prueba correspondientes a la evaluación del Desempeño Energético, Micro-Ambiental y Ambiental de la Estufa, incluyendo sus unidades de medición;
- j) los resultados de prueba correspondientes a los niveles de fondo para los contaminantes evaluados para Desempeño Micro-Ambiental y Ambiental;
- k) indicaciones claras del tratamiento de los resultados de prueba con los niveles de fondo para los contaminantes evaluados para Desempeño Micro-Ambiental y Ambiental;
- l) el nombre(s), función(es) y firma(s) o identificación equivalente de la persona(s) que autorizan el Reporte o Informe de Prueba;
- m) cuando sea relevante, una declaración que indique que los resultados se relacionan únicamente a la Estufa sujeta al Protocolo;
- n) Copia u originales de los Registros de Prueba, incluyendo: (i) las Formas descritas en el **inciso 14** de este Protocolo, y; (ii) los registros de las pruebas de Desempeño Micro-Ambiental, Ambiental y de Análisis de la Leña (cuando aplique);
- o) Copia u originales de los Reportes o Informes de Pruebas subcontratados (por ejemplo, Análisis de la Leña).

**Nota 1:** Las copias en papel de los Reportes o Informes de Prueba también deberán incluir el número de página y total de páginas.

**Nota 2:** Se recomienda que se incluya una declaración que especifique que el Reporte o Informe de Prueba no se deberá reproducir parcialmente sin la autorización por escrito del laboratorio.

**17.5.** Los Reportes o Informes de Prueba, en suma a lo que se requiere en el **inciso 17.4**, cuando sea necesario para la interpretación de los resultados de prueba deberán incluir lo siguiente:

- p) desviaciones, adiciones o exclusiones al Protocolo de Prueba y/o a los Métodos de Referencia e información sobre condiciones específicas de prueba, tales como las condiciones ambientales y características del sitio de pruebas;
- q) cuando sea relevante, una declaración del cumplimiento o no cumplimiento con requerimientos y/o especificaciones (ver **inciso 16**);
- r) cuando sea aplicable, una declaración de la incertidumbre de medición estimada; la información en la incertidumbre es requerida en Reportes o Informes de Prueba cuando sea relevante para la validez o aplicación de los resultados,

cuando lo requiera el cliente, o cuando la incertidumbre afecte para el cumplimiento de un determinado límite de especificación;

**Nota:** El cumplimiento de criterios en el **inciso 16** de este Protocolo incluye el uso de la incertidumbre expandida a un 95% de nivel de confianza obtenida en base a repeticiones experimentales de la prueba.

- s) opiniones e interpretaciones cuando sean apropiadas y requeridas;
- t) información adicional que pueda ser requerida por Métodos específicos, clientes o grupos de clientes.

#### **17.6. Opiniones e Interpretaciones.**

**17.6.1.** Cuando se incluyan opiniones e interpretaciones, el Laboratorio de Pruebas Responsable deberá documentar las bases en las que se hicieron estas opiniones e interpretaciones. Las opiniones e interpretaciones deberán ser claramente indicadas como tal en el Reporte o Informe de Prueba.

**Nota 1:** Las opiniones e interpretaciones no deben ser confundidas con la comparación de los resultados de Desempeño contra criterios establecidos en este Protocolo.

**Nota 2:** Las opiniones e interpretaciones en Reportes o Informes de Prueba, pueden incluir:

- una opinión sobre la declaración de cumplimiento / no cumplimiento del resultado de desempeño con respecto a los criterios definidos en este Protocolo;
- el cumplimiento de otros requerimientos o criterios;
- recomendaciones en cómo utilizar o interpretar los resultados;
- guías para mejora.

**Nota 3:** En muchos casos es apropiado comunicar las opiniones e interpretaciones por diálogo con el cliente. Este diálogo debe ser escrito.

**17.6.2.** Cuando un Reporte o Informe de Prueba contenga resultados de pruebas realizadas por subcontratistas, estos resultados deberán ser identificados claramente. El subcontratista deberá reportar los resultados en papel o en medio electrónico.

**17.6.3.** El formato de los Reportes o Informes de Prueba deberá ser diseñado para acomodar todos los resultados de Desempeño, minimizando la posibilidad de malas interpretaciones y malos usos.

**Nota 1:** Se deberá prestar atención al estructurado y presentación del Reporte o Informe, a fin de facilitar al lector la asimilación de los datos de prueba.

**Nota 2:** Se deberán estandarizar lo más posible los encabezados.

**17.6.4.** Las enmiendas o correcciones materiales a un Reporte o Informe de Prueba ya emitido, deberán ser hechos en forma de un documento adicional o transmisión de datos, en el que se incluya la siguiente declaración:

“Suplemento al Reporte (o Informe) de Prueba, número serial.... (o como se le haya identificado)”,

o algún escrito equivalente.

**17.6.5.** Cuando sea necesario emitir un Reporte o Informe de Prueba completamente nuevo, este deberá identificarse de manera única y deberá contener un referenciado al Reporte o Informe original que reemplaza.

## **Bibliografía**

- [1] Norma Oficial Mexicana NOM-008-SCFI-2002 – Sistema General de Unidades de Medida. Diario Oficial de la Federación. 27 de noviembre de 2002.
- [2] Modificación del inciso 0, el encabezado de la Tabla 13, el último párrafo del Anexo B y el apartado Signo decimal de la Tabla 21 de la Norma Oficial Mexicana NOM-008-SCFI-2002 – Sistema General de Unidades de Medida. Diario Oficial de la Federación. 24 de septiembre de 2009.
- [3] Evaluating Household Energy and Health Interventions – A Catalogue of Methods. World Health Organization 2008. ISBN 978 92 4 159 691 6.
- [4] Indoor Air Pollution: National Burden of Disease Estimates. World Health Organization 2007.
- [5] Balance Nacional de Energía 2005. Secretaría de Energía. Primera Edición 2006. ISBN: 968-874-196-5. [www.energia.gob.mx](http://www.energia.gob.mx)
- [6] Masera O., et al. Impact of Patsari improved cookstoves on indoor air quality in Michoacán, Mexico. Energy for Sustainable Development. Volume XI No. 2. June 2007
- [7] Censo Nacional de Población y Vivienda 2000. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). [www.inegi.org.mx](http://www.inegi.org.mx)
- [8] Ley Federal sobre Metrología y Normalización. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 1 de julio de 1992 y reformada en repetidas ocasiones. Última Reforma publicada en el Diario Oficial de la Federación el 28 de Julio del 2006
- [9] General requirements for the competence of testing and calibration laboratories. International Standard ISO/IEC 17025. Second Edition. May 15, 2005.
- [10] Norma Mexicana IMNC. NMX-EC-17025-IMNC-2006. Requisitos generales para la competencia de laboratorios de ensayo y de calibración. Instituto Mexicano de Normalización y Certificación, A.C. Segunda edición. México DF, Junio 2006.
- [11] Norma Oficial Mexicana NOM-025-SSA1-1993. Salud ambiental. Criterios para evaluar el valor límite permisible para la concentración de material particulado. Valor límite permisible para la concentración de partículas suspendidas totales PST, partículas menores de 10 micrómetros PM<sub>10</sub> y partículas menores de 2,5 micrómetros PM<sub>2.5</sub> de la calidad del aire ambiente. Criterios para evaluar la calidad del aire. Publicada el 23 de Diciembre de 1994 en el DOF. Modificación Publicada el 26 de Septiembre del 2005 en el DOF.
- [12] Norma Oficial Mexicana NOM-021-SSA1-1993. Salud Ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente con respecto al monóxido de carbono (CO). Valor permisible para la concentración de monóxido de carbono (CO) en el aire ambiente como medida de protección a la salud de la población. Publicada el 23 de Diciembre de 1994 en el DOF.
- [13] Bárcenas-Pazos, Guadalupe M.;Ríos-Villa, Rosalva;Aguirre-Rivera, J. Rogelio;Juárez-Flores, Bertha I.;Honorato-Salazar, J. Amador. Composición química y densidad básica relativa de la madera de dos especies arbustivas de encino blanco de la Sierra de Álvarez, SLP, México. Madera y Bosques, Vol. 14, Núm. 3, 2008, pp. 81-94. Instituto de Ecología, A.C. México. ISSN (Versión impresa): 1405-0471. Disponible en: <http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=61712189004>
- [14] The Water Boiling Test. Version 4.1.2. Cookstove Emissions and Efficiency in a Controlled Laboratory Setting. DRAFT – October 1, 2009. Version 4.1.2: Version for public comment.
- [15] S.C. Bhattachary, D.O. Albina, P. Abdul Salam. Emission factors of wood and charcoal cookstoves. Energy Program, School of Environment, Resources, and Development, Asian Institute of Technology. Biomass and Bioenergy 23 (2002) 453 – 469
- [16] J. Zhang, K.R. Smith, R. Uma, Y. Ma, V.V.N. Kishore, K. Lata, M.A.K. Khalil, R.A. Rasmussen, S.T. Thomeloe. Carbon monoxide from cookstoves in developing countries: 1. Emission factors. Chemosphere: Global Change Science 1 (1999) 353±366
- [17] J. Zhang, K.R. Smith, Y. Ma, S. Ye, F. Jiang, W. Qi, P. Liu, M.A.K. Khalil, R.A. Rasmussen, S.A. Thomeloe. Greenhouse gases and other airborne pollutants from household stoves in China: a database for emission factors. Atmospheric Environment 34 (2000) 4537-4549
- [18] Michael Johnson, Rufus Edwards, Claudio Alatorre Frenk, Omar Maserad. In-field greenhouse gas emissions from cookstoves in rural Mexican households. Atmospheric Environment 42 (2008) 1206–1222.
- [19] K. R. Smith, M.A.K. Khalil, R.A. Rasmussen, S.A. Thomeloe, F. Manegdeg, M. Apte. Greenhouse Gases from Biomass and Fossil Fuel Stoves in Developing Countries: A Manila Pilot Study. Chemosphere, Vol.26, Nos. 1-4, pp 479-505, 1993 0045-6535/93.
- [20] Cynthia Armendáriz-Arnez, Rufus D. Edwards, Michael Johnson, Irma A. Rosas, F. Espinosa, Omar R. Masera. Indoor particle size distributions in homes with open fires and improved Patsari cook stoves.
- [21] Traducción de la Guía Eurachem hecha por el CENAM. The Fitness for Purpose of Analytical Methods: A Laboratory Guide to Method Validation and Related Topics. EURACHEM Guide. English Edition 1.0 – 1998.

**FIN DEL DOCUMENTO**