

# **PRUEBA DE EBULLICIÓN DE AGUA (4.2.2)**

BORRADOR

# Prueba de Ebullición de Agua (WBT versión 4.2.2)

---

## TABLA DE CONTENIDO

<b>I. INTRODUCCIÓN Y CONTEXTO</b>	<b>3</b>
A. Beneficios Y Limitantes Del WBT	3
B. Pruebas de Emisiones	5
C. Interpretación De Las Medidas De La Prueba De Ebullición De Agua	5
<b>I. PRUEBA DE EBULLICIÓN DE AGUA, PANORAMA GENERAL</b>	<b>6</b>
A. Pruebas De Emisiones	7
<b>II. PREPARANDO EL LABORATORIO</b>	<b>7</b>
A. Calibración	7
B. Obtener El Equipo Necesario	7
C. Obtener La Hoja De Cálculo	8
<b>III. PREPARÁNDOSE PARA LA EVALUACIÓN</b>	<b>8</b>
A. Seguridad Y Salud	8
B. Evaluando Una Estufa Nueva	9
C. Seleccionando El Combustible Y Las Ollas Para La Prueba	9
D. Preparación Diaria	10
<b>IV. PROTOCOLO DE PRUEBA DE EBULLICIÓN DE AGUA (WBT)</b>	<b>11</b>
A. Tiempo Requerido	11
B. Consideraciones Importantes Para La Prueba	11
C. Preparación Para Cada Set De 3 Pruebas De WBT	11
D. Preparación Para Cada Prueba De WBT	13
E. Instrucciones Para Cada Fase Del WBT	14
F. Ejecución	25
<b>V. INTERPRETANDO LOS RESULTADOS DEL WBT</b>	<b>25</b>
A. Medidas Más Utilizadas	25
B. Precauciones	25
C. Características De La Estufa	26
D. Medidas De Eficiencia	26
E. Medidas De Emisiones	27
F. Medidas Adicionales	28

## I. INTRODUCCIÓN Y CONTEXTO

La prueba de Ebullición de Agua es una simulación simple del proceso de cocción con la finalidad de medir cuan eficiente es una estufa en utilizar combustible para calentar el agua en una olla y la cantidad de emisiones producidas durante el proceso.

### A. Beneficios Y Limitantes Del WBT

La prueba de Ebullición de agua se puede realizar en distintas partes del mundo utilizando equipo sencillo. Si se desea medir emisiones, se necesita equipo más complejo. Los principales beneficios son los siguientes:

- Proveer asesoría inicial o de laboratorio del desempeño de una estufa en un ambiente controlado.
- Comparar la efectividad de cada modelo al desarrollar tareas similares de cocción.
- Evaluar cambios en las estufas durante su desarrollo.
- Seleccionar los productos más prometedores en cuanto a evaluaciones en campo.
- Asegurar que las estufas fabricadas cumplan con el desempeño basado en el diseño.

Todas las pruebas estandarizadas implican compensaciones. Cuando las condiciones son altamente controladas y la variabilidad se reduce, una prueba es más capaz de detectar cambios pequeños. Sin embargo, una prueba más controlada es a menudo menos representativa del proceso de cocción real. Las pruebas controladas son adecuadas para comparar los diversos aspectos técnicos del diseño de la estufa y las evaluaciones de desempeño previas en campo. Mientras que las pruebas basadas en laboratorio permiten diferenciar las estufas, las pruebas basadas en campo dan un mejor indicador del rendimiento durante el uso real.

La prueba de ebullición de agua fue desarrollada para evaluar la actuación de la estufa en una forma controlada, y por lo tanto es probable que no se parezca a las costumbres de cocción locales como otras pruebas descritas. Aunque el WBT es una herramienta útil por las razones expuestas anteriormente, es importante tener en cuenta sus limitaciones. Es una aproximación del proceso de cocción y se lleva a cabo en condiciones controladas por técnicos capacitados. Los resultados de las pruebas de laboratorio pueden diferir de los resultados obtenidos al cocinar los alimentos reales con los combustibles locales, incluso si la eficiencia y las emisiones se midieron exactamente de la misma manera para ambas pruebas. Para confirmar los efectos

## Prueba de Ebullición de Agua (WBT versión 4.2.2)

---

deseados (si se trata de la conservación de combustible, reducción de humo, u otros impactos), las estufas deben ser evaluadas en condiciones reales de uso.

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

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

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

Los evaluadores que estén interesados en la evaluación de otras variables que pueden influir en el rendimiento de una estufa pueden consultar los comentarios publicados en [www.cleancookstoves.org](http://www.cleancookstoves.org).

### **B. Pruebas de Emisiones**

La eficiencia del combustible es un factor principal para los programas de estufas. Ahora sabemos que los contaminantes atmosféricos emitidos por el uso de combustibles sólidos tienen muchas repercusiones sanitarias y medioambientales. Este documento contiene las instrucciones para la medición de los contaminantes emitidos por la estufa durante la cocción, pero estos pasos pueden omitirse para quienes no tienen el equipo necesario. La eficiencia y emisiones deben ser evaluadas con el mismo protocolo, debido a que los cambios en la operación y diseño de la estufa afectan a ambas.

Mientras que el consumo de combustible es una medida relativamente simple, la determinación de las mediciones de contaminantes es significativamente más complicada. Además de las directrices para la medición de la eficiencia de combustible, el WBT también proporcionan directrices para medir los contaminantes y la obtención de medidas de rendimiento de la estufa. Combinando estas mediciones con las mediciones de eficiencia, podemos determinar un parámetro útil: Emisiones por tarea. Las medidas de emisiones del WBT: no son a lo que las personas están expuestas sino que son los contaminantes que salen de la estufa. Esta es una forma más directa de comparar dos estufas que la concentración en el aire interior. Otras organizaciones han desarrollado protocolos importantes para determinar las exposiciones interiores. Los modelos computacionales también se han desarrollado para estimar las concentraciones de aire en el interior sobre la base de las emisiones de la estufa y otros parámetros.

### **C. Interpretación De Las Medidas De La Prueba De Ebullición De Agua**

Una excelente estufa tendrá buenas medidas de eficiencia, emisiones y otros desempeños, tales como el tiempo del punto de ebullición. Las estufas intermedias no pueden funcionar tan bien en una de estas categorías. Los Programas de estufas, distribuidores y los usuarios tienen prioridades individuales, que deben ser comunicados a los evaluadores y diseñadores. Los resultados pueden variar con la experiencia del evaluador, y las pruebas deben ser realizadas por técnicos capacitados. La Alianza Global está trabajando con la red global de centros de evaluaciones y conocimiento (RTKCs) para capacitar a los técnicos para realizar el WBT.

# Prueba de Ebullición de Agua (WBT versión 4.2.2)

## I. PRUEBA DE EBULLICIÓN DE AGUA, PANORAMA GENERAL

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

1. Para la fase de alta potencia de inicio frío, el evaluador comienza con la estufa a temperatura ambiente y se utiliza combustible de un paquete previamente pesado para hervir una cantidad medida de agua en una olla estándar. El evaluador luego reemplaza el agua hervida con una nueva olla de agua a temperatura ambiente para realizar la segunda fase.
2. La fase de alta potencia de inicio caliente se lleva a cabo después de la primera fase, mientras la estufa está caliente. Una vez más, el evaluador utiliza combustible de un paquete previamente pesado para hervir una cantidad medida de agua en una olla normal. Al repetir la prueba con una estufa caliente ayuda a identificar las diferencias en el rendimiento entre una estufa cuando esta fría y cuando está caliente. Esto es particularmente importante para las estufas con elevada masa térmica, ya que las mismas pueden mantenerse calientes durante la práctica.
3. La fase de hervir a fuego lento proporciona la cantidad de combustible requerido para 5 litros de agua y por debajo del punto de ebullición durante 45 minutos. Este paso simula el tiempo de cocción de las legumbres o leguminosas comunes en gran parte del mundo.

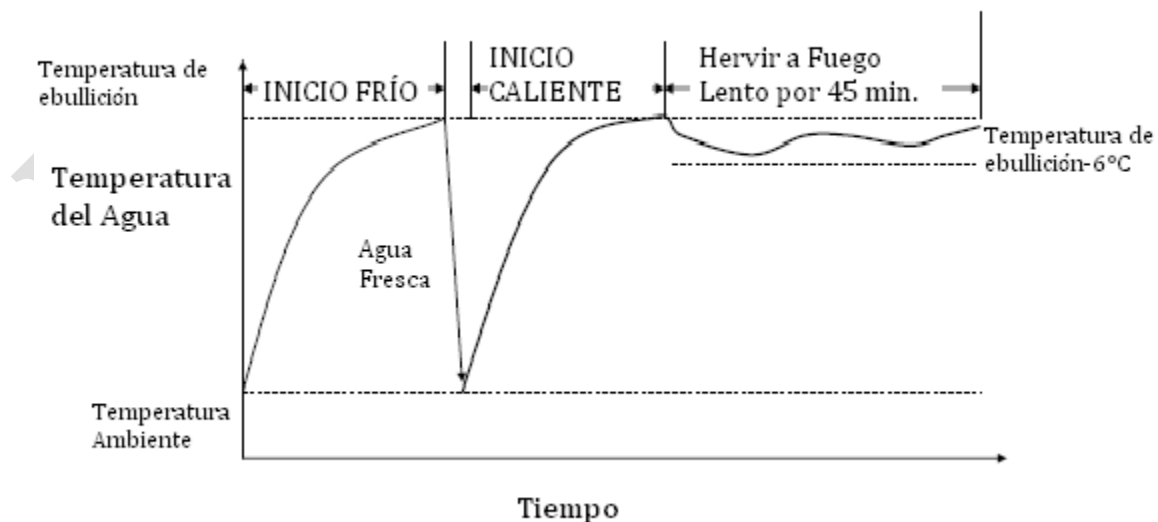


Fig.1 Temperatura durante las tres fases de la prueba de ebullición. Fuente: Nordica MacCarty

## Prueba de Ebullición de Agua (WBT versión 4.2.2)

---

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

### A. Pruebas De Emisiones

Este protocolo de prueba básico incluye instrucciones opcionales para la medición de Monóxido de Carbono (CO), Micropartículas (PM) y Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>) en la chimenea de la estufa, también se pueden medir otros contaminantes.

## II. PREPARANDO EL LABORATORIO

En esta sección se describen los pasos necesarios para preparar el laboratorio para su análisis. La calibración debe hacerse con regularidad. Los otros pasos se deben hacer sólo una vez en cada lugar.

### A. Calibración

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

Consulte otros recursos, por ejemplo, procedimientos operativos estándares de US EPA, para más información y pautas sobre la frecuencia de la calibración.

### B. Obtener El Equipo Necesario

- Balanza con una capacidad de al menos 6 kg y precisión de  $\pm 1$  gramo
- Material resistente al calor para proteger la balanza
- Termómetro digital con una precisión de 0,5 °C, con sonda de termopar adecuado para la inmersión en líquidos

## Prueba de Ebullición de Agua (WBT versión 4.2.2)

---

- Medidor de humedad
- Cronómetro
- Cinta métrica para la medición de la madera y la estufa (cm)
- Ollas estándar: ollas que se utilizan en su región y tienen un volumen de aproximadamente 7 litros (para las pruebas de 5-L) o 3.5 litros (para las pruebas de 2.5-L). Para cada tamaño, usted debe elegir una forma estándar (altura y circunferencia) que se utilice en su área.
- Regla de madera o metal para fijar el termómetro en agua (véase el apéndice 1.1)
- Espátula para quitar el carbón de la estufa
- Tenazas para el manejo de carbón
- Cacerola para la transferencia de carbón
- Bandeja de metal para sostener el carbón para su pesaje
- Guantes resistentes al calor
- Equipo para emisiones

### C. Obtener La Hoja De Cálculo

Las mediciones del WBT se pueden registrar en el libro de Excel titulado WBT\_data-calculation\_sheet\_4.2.2.xls que se proporciona en [www.cleancookstoves.org](http://www.cleancookstoves.org): Communities → Communities of Practice → Testing Laboratories

Esta hoja de cálculo utiliza las ecuaciones en el Apéndice 4. Usted también puede hacer los cálculos a mano, siguiendo las ecuaciones en el Apéndice 4. El libro WBT y Excel se pueden actualizar y WBT\_data-calculation\_sheet\_4.2.2.xls puede no ser la versión más reciente. **Por favor, asegúrese de tener la última versión de la hoja de trabajo y el protocolo, visite el sitio web.**

Este documento asume que se va a utilizar la hoja de cálculo Excel. Indica las hojas dentro de la hoja de cálculo en la que se introducen los datos de la siguiente manera: (Nombredehoja). Por ejemplo, los resultados de los ensayos se muestran en la hoja de resultados.

Usted no utilizará los valores caloríficos. Estas hojas contienen los datos que se utilizan para los cálculos a lo largo de la hoja de cálculo.

## III. PREPARÁNDOSE PARA LA EVALUACIÓN

### A. Seguridad Y Salud

Para garantizar la seguridad y la salud del evaluador, se deben usar una mascarilla y protección ocular.



---

## Prueba de Ebullición de Agua (WBT versión 4.2.2)

---

### B. Evaluando Una Estufa Nueva

Es necesario realizar al menos una prueba en cada tipo de estufa. El evaluador debe realizar suficientes pruebas para familiarizarse con el procedimiento de prueba y con las características y el funcionamiento de la estufa. Esto proporcionará una indicación de cuánto combustible se requiere para hervir la cantidad requerida de agua.

Las estufas nuevas también deben usarse antes de la prueba porque el rendimiento de la estufa puede variar en función de la frecuencia que se ha utilizado la misma. A veces las estufas nuevas tienen componentes cerámicos que contienen cantidades desconocidas de humedad. Es útil encender la estufa primero para eliminar cualquier humedad antes de realizar cualquier prueba.

### C. Seleccionando El Combustible Y Las Ollas Para La Prueba

1. Determinar el tipo y características del combustible a utilizar: El tipo, tamaño y la humedad del combustible tiene un efecto importante en los resultados de pruebas de rendimiento de la estufa. Por esa razón, todas las pruebas de una sola estufa, o todas las pruebas para comparar diseños o estufas, se deben hacer con el combustible del mismo tipo y contenido de humedad, y de tamaño similar. Así mismo, tratar de obtener todo el combustible de la misma fuente, si es posible.

Se sugiere utilizar combustible entre 1.5 cm x 1.5 cm a 3 cm x 3 cm. Si la comparación entre laboratorios es un objetivo para las pruebas, se debe utilizar madera con dimensiones de sección transversal de 1.5x1.5cm.

2. Determinar el tipo de olla que va a utilizar y registrar su tamaño y forma. La olla de 7 litros se debe utilizar con excepción de las siguientes situaciones:
  - La estufa está diseñado para una olla mucho más pequeña y no puede hervir 5 litros de agua (utilizar olla de 3.5 litros).
  - Es extremadamente raro que se acostumbre a hervir hasta 5 litros de agua en su región (utilice la olla de 3.5 litros)
  - La estufa está diseñada para una olla específica (utilice la olla para la cual la estufa fue diseñada).

Si utiliza la olla de 7 litros, utilice 5 litros de agua para cada fase del WBT. Si utiliza la olla de 3.5 litros, utilice 2.5 litros de agua para cada fase.

Aunque algunas de las medidas del WBT han sido normalizadas a la cantidad de agua hervida, los resultados no deben ser comparados entre estufas de diferentes tamaños. La realización de pruebas con una olla de tamaño estándar mejora la repetitividad y comparación.

### D. Preparación Diaria

1. Asegúrese que haya suficiente espacio y tiempo suficientes para llevar a cabo la prueba sin interrupciones. Las pruebas deben realizarse bajo techo en una habitación que esté protegida del viento, pero con suficiente ventilación para ventilar las emisiones nocivas de la estufa. El viento, la transferencia de calor, cambios de aire entre la estufa y la olla afectarán los resultados de la prueba, y esto debe evitarse.
2. Prepare el combustible. Preparar y pesar bastante combustible para cada WBT que se lleve a cabo. Cada paquete debe ser de al menos de 5 kg. Algunas estufas pueden necesitar más combustible. La leña que se utilizará para iniciar el fuego debe estar preparada antes de tiempo y se incluye en los paquetes pre-pesados de combustible.
3. Determinar el contenido de humedad del combustible a utilizar.
4. Preparar agua. Se necesitan al menos 10 litros de agua (5 litros para ollas pequeñas) para cada olla que se utiliza en las tres fases del WBT. Si el agua es escasa en la zona, el agua utilizada el día anterior puede ser enfriada y reutilizada en la prueba del día siguiente. El agua debe estar a temperatura ambiente antes de la prueba. No empiece las pruebas con agua que está más caliente que la temperatura ambiente.

### IV. PROTOCOLO DE PRUEBA DE EBULLICIÓN DE AGUA (WBT)

#### A. Tiempo Requerido

Tomará de 1 ½ - 2 horas para realizar las fases alta y baja potencia (inicio frío y caliente) para una estufa. Tomará 4 ½ - 6 horas para hacer una serie de tres WBT's por una estufa.

#### B. Consideraciones Importantes Para La Prueba

1. El sistema de cocción incluye una estufa, combustible, una olla y un operador. Todos los cuatro afectan el rendimiento del sistema.
2. Ninguna prueba debe requerir que la estufa realice una tarea que no se llevaría a cabo durante su funcionamiento normal.
3. Se debe utilizar la misma cantidad de combustible y la olla para cada prueba si desea comparar diseños o estufas. Sin embargo, nunca se debe utilizar un combustible o una olla para una estufa que no fue diseñada para eso.
4. El funcionamiento de la estufa tiene un gran efecto sobre el resultado de las pruebas de rendimiento. Todas las pruebas de una sola estufa, y todas las pruebas para evaluar las mejoras en el diseño, se deben hacer con el funcionamiento coherente de la estufa. Documentar la operación con los procedimientos escritos, fotos y videos (si es posible).

#### C. Preparación Para Cada Set De 3 Pruebas De WBT

1. Crear un nuevo archivo de Excel para cada conjunto de tres pruebas, hacer una copia de "WBT\_data-calculation\_sheet\_4.2.2.xls". El evaluador debe llenar las celdas de color gris, las otras celdas son cálculos.
2. Llene la hoja de "General Information Sheet" la cual pide que documente lo siguiente:
  - a. Prueba y Descripción de la Estufa:
    - Número de Prueba
    - Fecha
    - Nombre del Evaluador
    - Lugar
    - Modelo de Estufa
    - Fabricante
    - Descripción y Notas acerca de la estufa
  - b. Condiciones ambientales
    - Temperatura ambiente (°C)
    - Humedad relativa del aire (%)
    - Punto de ebullición local del agua (°C)
  - c. Evaluación de emisiones (opcional)

## Prueba de Ebullición de Agua (WBT versión 4.2.2)

---

- Presión atmosférica (kPa)
  - Pitot delta-P
  - Rango del flujo de chimenea o campana (m<sup>3</sup>/hr)
  - Temperatura del ducto (°C)
- d. Notas o descripción sobre la estufa o la operación que no se incluyen en otra parte de este formulario, especialmente adición de combustible, durante las pruebas de alta potencia y cocción a fuego lento (usted debe saber esto de sus prácticas de prueba) pesar las ollas secas sin tapa y el recipiente para carbón.
- e. Descripción del Combustible
- Tipo de Combustible (seleccionar de la lista)
  - Descripción de combustible (seleccionar de la lista)
  - Longitud promedio (cm)
  - Dimensiones transversales (cm x cm)
  - Los valores caloríficos netos y brutos y el contenido de carbón (por su propia medida o relleno de forma automática basándose en el tipo de combustible seleccionado)
  - Descripción del material para iniciar el fuego, astillas o leña pequeña.
- f. Descripción de la operación de prueba de alta potencia
- ¿Cómo se inició el fuego?
  - ¿Cuándo se agrega nueva leña al fuego?
  - ¿Cuánto combustible se agrega a la vez?
  - ¿Con qué frecuencia usted alimenta el fuego sin la adición de combustible (por ejemplo, empujando los palitos)?
  - ¿Se controla el aire por encima o por debajo del fuego? Si es así, ¿qué hace?
- g. Descripción del funcionamiento durante la prueba a fuego lento
- ¿Cómo se inició el fuego?
  - ¿Cuándo se agrega nueva leña al fuego?
  - ¿Cuánto combustible se agrega a la vez?
  - ¿Con qué frecuencia usted alimenta el fuego sin la adición de combustible (por ejemplo, empujando los palitos)?
  - ¿Se controla el aire por encima o por debajo del fuego? Si es así, ¿qué hace?

Guía para la descripción de la estufa: Tome fotos de la estufa, si es posible. Utilice una cinta métrica para registrar las dimensiones de la estufa. Un dibujo de la sección transversal de la estufa con dimensiones puede ser útil. Identificar los materiales utilizados para la construcción de la estufa. Use una hoja adicional si es necesario.

## Prueba de Ebullición de Agua (WBT versión 4.2.2)

---

3. Llene la hoja de [humedad del combustible] si está utilizando un medidor de humedad de mano. Una copia de esta hoja se da en el Apéndice 7 si desea rellenarlo a mano, pero usted tendrá que introducir los valores en la hoja de trabajo para obtener el contenido de humedad calculado.
4. Determine si el combustible se alimenta de forma continua o por lotes. Muchas estufas de leña o de residuos agrícolas se alimentan de manera continua, mientras que la mayoría de las estufas de carbón y de combustibles líquidos se cargan con combustible antes de la prueba. Los dos tipos de alimentación se evalúan de manera diferente.
5. No continúe si el viento afecta la prueba.

### D. Preparación Para Cada Prueba De WBT

1. Imprimir una hoja de Test Entry Sheet para llenar los datos a mano.

Prepare una olla (o más si la estufa es para varias ollas) para la prueba de arranque en frío. Registre **el peso en seco de cada olla (g)**. Llene cada olla con 5 kg (5 litros) de agua limpia a temperatura ambiente. Si se utiliza la olla estándar más pequeña, llene cada una con 2.5 kg o 2.5 litros de agua. La cantidad de agua debe ser determinada mediante la colocación de la olla en la balanza y la adición de agua hasta que el peso total de la olla y el agua es de 5 kg (o de 2,5 kg) más del peso de la olla sola.

Si la estufa no puede acomodar la olla estándar y la olla que se utiliza no puede almacenar 5 (o 2.5) kg de agua, o si es una estufa para ollas múltiples que no son estándares y que no pueden almacenar 5 (o 2.5) kg de agua, llene cada recipiente aproximadamente 2/3 de su capacidad y registre el cambio de procedimiento en el espacio de comentarios. Utilice la misma cantidad de agua para cada fase y cada prueba.

Registre el **peso de la olla(s) con agua (g), para la fase Inicio Frío**.

2. Si tiene suficientes ollas, prepare ollas adicionales y el agua para la prueba de inicio caliente. Si no hay suficientes ollas disponibles, mida los volúmenes necesarios de agua en otro recipiente.
3. Mida y registre las condiciones ambientales: **temperatura del aire (°C), las condiciones de viento** (seleccionar de la lista).
4. (Opcional para la medición de las emisiones) Registre las **concentraciones de CO<sub>2</sub> (ppm), CO (ppm) y las concentraciones de partículas (g/m<sup>3</sup>)**.

*En versiones anteriores de la hoja de cálculo, la descripción del combustible y valor calorífico fueron introducidas en la Hoja de Prueba. En esta versión estos valores son tomados desde la*

## Prueba de Ebullición de Agua (WBT versión 4.2.2)

hoja (Información General). El mismo tipo de combustible, tamaño y contenido de humedad debería ser usado para las tres repeticiones del WBT.

### E. Instrucciones Para Cada Fase Del WBT

El resto de los datos de las tres fases de la prueba se deben registrar en el formulario de entrada de prueba. La estufa debe comenzar a temperatura ambiente.

#### Fase I. Inicio Frío (Alta Potencia)

	Instrucciones	Información, Sección de Inicio Frío, alta potencia	Unidades	Comentarios
1	Prepare el cronómetro pero aún no empiece			
2	<p><b>De manera continua:</b> Pese el bulto de leña y las astillas para iniciar el fuego.</p> <p><b>Batch:</b> (Incluye carbón, etanol, queroseno y cocinas de GLP) Pesar la estufa cargada de combustible.</p>	<p><b>Peso del combustible, Iniciar</b></p> <p><b>Peso del combustible, Iniciar</b></p>	g g	<p><i>Medición continúa de temperatura: La temperatura del agua podría ser registrada continuamente si el equipo está disponible para hacerlo.</i></p>
3	<p>Coloque la olla en la estufa. Use los accesorios de madera para colocar un termómetro en cada olla para que la temperatura del agua pueda ser medida en el centro, 5 cm desde la parte inferior. Si hay ollas adicionales, utilice los termómetros adicionales si es posible. Mida la temperatura inicial del agua en cada olla. Confirme que no varía notablemente de la temperatura ambiente.</p> <p><b>La olla no debe estar tapada durante la prueba</b></p>	<p><b>Temperatura del agua, Iniciar</b></p>	°C	<p><i>Tapaderas: Mientras que una tapadera ayuda a retener el calor y se utiliza a menudo en tareas reales de cocción, que no afecta a la transferencia de calor de la estufa a la olla. Las tapaderas pueden aumentar la variabilidad de los resultados del WBT, por lo que es difícil comparar los resultados de diferentes pruebas</i></p>

## Prueba de Ebullición de Agua (WBT versión 4.2.2)

	Instrucciones	Información, Sección de Inicio Frío, alta potencia	Unidades	Comentarios
4	<p><b>Opcional para la medición de emisiones:</b></p> <p>Anotar las concentraciones base y temperatura del ducto. Para las mediciones de emisiones en tiempo real, empezar a anotar la medición de partículas. Para las mediciones basadas en filtros, encienda el flujo en el filtro de partículas. Comience a registrar la medición de las emisiones de CO y CO<sub>2</sub>.</p>	<p><i>CO<sub>2</sub> base</i> <i>CO base</i> <i>PM base</i> <i>Temperatura del Ducto</i></p> <p><i>Las mediciones de emisiones en tiempo real son registradas por el equipo de emisiones.</i></p>	<p>ppm ppm μg/m<sup>3</sup> °C</p>	
5	<p>Inicie el fuego de una manera reproducible de acuerdo con las prácticas locales. (Este procedimiento debe ser documentado.)</p>	<p><i>Tiempo, Iniciar</i></p>	<p>hr: min.</p>	
6	<p>Una vez que el fuego ha sido encendido, inicie el cronómetro y registre la hora.</p> <p>Lleve rápidamente la primera olla al punto de ebullición sin ser excesivamente derrochador de la utilización de leña del paquete previamente pesado.</p> <p>Controlar el fuego con los medios de uso común a nivel local. (Este procedimiento debe ser documentado.)</p>	<p><i>Tiempo, Iniciar</i></p>	<p>hr: min.</p>	

## Prueba de Ebullición de Agua (WBT versión 4.2.2)

	Instrucciones	Información, Sección de Inicio Frío, alta potencia	Unidades	Comentarios
7	<p>Cuando el agua de la primera olla alcanza el punto de ebullición local predeterminada mostrado en el termómetro digital, hacer rápidamente los pasos 7.a - 7.f.</p>			
a	<p>Registre el tiempo en el cual el agua de la olla primaria (La olla #1) alcanza la temperatura de ebullición local. Anote esta temperatura también.</p>	<p><b>Tiempo Final, Temperatura del Agua</b></p>	<p>hr: min °C</p>	<p><i>Emisiones durante las mediciones de combustible: Este procedimiento no está incluido en la medición de las emisiones, ya que no forma parte del funcionamiento normal</i></p>
b	<p><b>Opcional para la medición de emisiones:</b> Apague el flujo en el filtro de partículas (para mediciones basados en filtros). Retire y almacene adecuadamente y cambie el filtro.</p>			
c	<p><b>Continúa:</b> Quite toda la leña de la estufa y apague las llamas. Las llamas pueden extinguirse colocando los palos en un cubo de ceniza o arena, no utilice agua que afectará el peso de la madera. Elimine todo el carbón suelto de los extremos de la madera en el recipiente para pesar carbón.</p> <p>Pesar la leña sin quemar retirándola de la estufa junto con la madera restante del paquete previamente pesado.</p>	<p><b>Peso del Combustible, finalizar</b></p>	<p>g</p>	<p><b>Método alternativo para pesar carbón:</b> <i>Si su balanza puede soportar el peso de la estufa, puede pesar toda la estufa con el carbón en lugar de eliminar el carbón.</i></p>



## Prueba de Ebullición de Agua (WBT versión 4.2.2)

	Instrucciones	Información, Sección de Inicio Frío, alta potencia	Unidades	Comentarios
	<p>Extraer todo el carbón que queda de la estufa. Pesar el carbón restante con el carbón que se desprendió de los palos.</p> <p><b>Batch:</b> Quite todo de la estufa y apague las llamas. Separe cuidadosamente el carbón y la madera y pesar por separado.</p>	<b><i>Peso del carbón y ceniza, Final</i></b>	<i>g</i>	
d	Para las estufas con varias ollas, medir la temperatura del agua de cada olla (la olla principal debe estar en el punto de ebullición).	<b><i>Peso del Combustible, Peso del carbón, Final</i></b>	<i>g</i>	<i>Métodos alternativos para mediciones de carbón para Batch-Bed Stoves: En versiones anteriores, el carbón no era pesado de manera separada. Reflexionando sobre las recomendaciones de varios comentaristas, las instrucciones han sido modificadas para mejorar la cantidad restante de madera y carbón.</i>
e	Pesar cada olla con agua	<b><i>Temperatura del Agua</i></b>	<i>°C</i>	
f.	Botar el agua caliente de cada olla	<b><i>Peso de cada olla con agua</i></b>	<i>g</i>	

**Con esto se completa la fase de alto poder de inicio en frío.** A continuación, comenzará la fase de alto poder de encendido caliente, de inmediato, mientras que la estufa está caliente. **Tenga cuidado de no quemarse!!!!**

## Prueba de Ebullición de Agua (WBT versión 4.2.2)

### Fase II. Inicio Caliente

	Instrucciones	Información, Sección de Inicio Caliente, alta potencia	Unidades	
1	Prepare el cronometro pero aún no empiece			
2	Si la olla para la fase de inicio caliente no se ha preparado de antemano, vuelva a llenar la olla con 5 (ó 2.5) kg de agua fresca a temperatura ambiente. Pese la olla (con agua) y medir la temperatura inicial del agua. Para las estufas con varias ollas, llene las ollas adicionales, pesarlos y registrar su peso.	<b>Peso de la olla(s) con agua, Iniciar</b>	g	<i>Medición continúa de temperatura: La temperatura del agua podría ser registrada continuamente si el equipo está disponible para hacerlo.</i>
3	<b>Continua:</b> Anote el peso del segundo paquete de leña junto con las astillas  <b>Batch:</b> Pese la estufa cargada con combustible	<b>Peso del combustible, Iniciar</b>  <b>Peso del combustible, Iniciar</b>	g  g	
4	Coloque la olla en la estufa e inserte el termómetro en la olla.  Mida la temperatura inicial del agua en cada olla.  Confirme que no varía sustancialmente de la temperatura ambiente.	<b>Temperatura del agua, Iniciar</b>	°C	
5	<b>Opcional para la medición de emisiones:</b> Para medidas basadas en filtros, encienda el flujo en el filtro de partículas.	<i>Las mediciones de emisiones en tiempo real son registradas por equipos para emisiones.</i>		

## Prueba de Ebullición de Agua (WBT versión 4.2.2)

	<b>Instrucciones</b>	<b>Información, Sección de Inicio Caliente, alta potencia</b>	<b>Unidades</b>	
<b>6</b>	Iniciar el fuego usando combustible del segundo paquete de leña pesado previamente designado para esta fase de la prueba. Siga el proceso de encendido que se utiliza en la fase I.			
<b>7</b>	Una vez que el fuego ha encendido, iniciar el cronómetro. Anotar la hora de inicio. Lleve la primera olla rápidamente a ebullición sin desperdiciar leña. Controlar el fuego mediante el procedimiento utilizado en la Fase 1.	<b>Tiempo, Iniciar</b>	hr: min	
<b>8</b>	Cuando el agua de la primera olla alcanza la temperatura de ebullición local predeterminada como se muestra en el termómetro digital, hacer rápidamente los pasos 8.a - 8.e.			<i><b>Rapidez y seguridad:</b> la velocidad y la seguridad son importantes en el paso 8, porque la temperatura del agua debe estar lo más cerca posible al punto de ebullición con el fin de proceder directamente a la fase de fuego lento. La olla de agua caliente puede ser cubierta temporalmente con una tapa y se coloca en un plato caliente (si está disponible).</i>
<b>a.</b>	Registre el tiempo en el que el agua en la olla primaria (La olla #1) alcanza la temperatura de ebullición local. Anote esta temperatura también.	<b>Tiempo Final, Temperatura del Agua</b>	hr: min  °C	
<b>b.</b>	<b>Opcional para la medición de emisiones:</b> Apague el flujo en el filtro de partículas (para mediciones basadas en filtros). Retire y almacene adecuadamente y cambie el			<i><b>Estufas con varias ollas:</b> la temperatura y el peso de las ollas</i>

## Prueba de Ebullición de Agua (WBT versión 4.2.2)

	Instrucciones	Información, Sección de Inicio Caliente, alta potencia	Unidades	
	filtro.			<i>adicionales finales pueden anotarse. Sin embargo, los indicadores para evaluar la energía suministrada a las ollas deben desarrollarse más. Ver la discusión de estufas para varias ollas en el Apéndice 2 y la discusión para indicadores adicionales en el Apéndice 8</i>
c.	<p><b>Continúa:</b> Quite toda la leña de la estufa y apague las llamas. Elimine todo el carbón suelto de los extremos de la madera en la cámara de combustión de la estufa. (en esta parte no se pesa el carbón ni ceniza).</p> <p>Pesar la leña sin quemar retirándola de la estufa junto con la madera restante del paquete previamente pesado.</p> <p><b>Batch:</b> Pese la estufa junto con el combustible. Registre cero para el peso del carbón.</p>	<p><b>Peso del combustible, Finalizar</b></p> <p><b>Peso del combustible, Finalizar.</b></p> <p><b>Peso del carbón=0, Finalizar</b></p>	<p>g</p> <p>g</p> <p>g</p>	
d.	Para las estufas con varias ollas, medir la temperatura del agua de cada olla (la olla principal debe estar en el punto de ebullición).	<b>Temperatura del agua, Finalizar</b>	°C	
e.	Pesar cada olla con agua	<b>Peso de cada olla con agua, Finalizar</b>	g	
f.	Meta la leña quemada otra vez dentro de la estufa. Proceda inmediatamente con la prueba de baja potencia.			

### Fase III. Baja Potencia, Hervir a Fuego Lento

## Prueba de Ebullición de Agua (WBT versión 4.2.2)

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

	<b>Instrucciones</b>	<b>Información, Baja Potencia</b>	<b>Unidades</b>	
1.	Prepare el cronómetro pero aun no empiece			
2.	Anote el peso de la olla con agua.	<b>Peso de las olla con agua, Iniciar</b>	g	
3.	<b>Continua:</b> Anote el peso del combustible sobrante de la segunda fase más el tercer paquete de combustible y las astillas.	<b>Peso del combustible, Iniciar</b>	g	
	<b>Batch:</b> Pese la estufa cargada con el combustible sobrante de la segunda fase.	<b>Peso del combustible, Iniciar</b>	g	
4.	Reencienda la leña caliente que fue reemplazada. Siga el procedimiento de la Fase I.			
5.	<b>Opcional para la medición de emisiones:</b> Para medidas basadas en filtros, encienda el flujo en el filtro de partículas.	<i>Las mediciones de emisiones en tiempo real son registradas por equipos para emisiones.</i>		
6.	Una vez que el fuego ha sido encendido, iniciar el cronómetro. Anotar la hora de inicio.	<b>Tiempo, Iniciar</b>	hr: min	
7.	Coloque la olla en la estufa e introduzca el termómetro en el agua.			

## Prueba de Ebullición de Agua (WBT versión 4.2.2)

	Instrucciones	Información, Baja Potencia	Unidades	
8.	Por 45 minutos mantenga el fuego a un nivel que mantiene la temperatura del agua lo más cerca posible a 3 grados por debajo del punto de ebullición. La prueba es inválida si la temperatura en la olla baja de más de 6 ° C por debajo del punto de ebullición local.			<i>Manteniendo la temperatura: Muchas estufas carecen de la capacidad de pasar a baja potencia lo que hace que sea difícil de mantener la temperatura deseada sin que se apague el fuego (especialmente después de que se haya consumido la carga inicial de combustible). En este caso, utilice la mínima cantidad de leña necesaria para mantener el fuego sin que se apague. La temperatura del agua en este caso será superior a 3 ° bajo punto de ebullición, pero la prueba sigue siendo válida. El evaluador no debe tratar de reducir el poder quebrando la leña en trozos más pequeños.</i>
9.	Después de los 45 minutos, rápidamente haga los pasos 9.a-9.b			
a.	Anote el tiempo. Registre la temperatura final del agua que todavía debe ser de 3 ° C por debajo del punto de ebullición establecido.	<i>Tiempo, temperatura final del agua, Finalizar</i>	g °C	
b.	<b>Opcional para la medición de emisiones:</b> Apagar el flujo al filtro de partículas (para mediciones basados en filtros). Retire y almacene adecuadamente el filtro.			
c.	<b>Continua:</b> Quite toda la leña de la estufa y apague las llamas. Elimine todo el carbón suelto de los extremos de la leña en el recipiente para carbón.  Pesar la leña sin quemar retirada de la estufa junto con la leña restante del segundo bulto pesado previamente.  Extraer todo el carbón que queda de la estufa. Pesar el	<i>Peso del combustible, Finalizar</i>  <i>Peso del carbón más el contenedor, Finalizar</i>	g  g	

## Prueba de Ebullición de Agua (WBT versión 4.2.2)

	Instrucciones	Información, Baja Potencia	Unidades	
	carbón restante junto con el carbón de las puntas de los leños. <b>Batch:</b> Quite todo el sobrante de la estufa y apague las llamas. Separar cuidadosamente el carbón y la leña no quemada y pesar por separado.	<i><b>Peso del combustible, Finalizar</b></i>  <i><b>Peso del carbón más el contenedor, Finalizar</b></i>	g  g	
<b>d.</b>	Pese la olla con el agua que ha quedado	<i><b>Peso de la olla</b></i>	g	

### **Cambios En Las Condiciones De Las Pruebas Para Mejorar La Repetitividad**

El WBT está diseñado para evaluar muchas estufas en diferentes lugares, pero las comparaciones se vuelven menos confiables cuando las condiciones de prueba varían. Usted debe identificar los objetivos de la prueba para decidir sobre la forma de la prueba. Si está utilizando el WBT como medida preliminar de desempeño de la estufa durante la fase de diseño, entonces hay que adaptar el protocolo a las condiciones locales. Algunos laboratorios pueden estar utilizando pruebas para comparar el rendimiento de sus estufas con otros modelos de la estufa. En estas situaciones, se pueden hacer algunos cambios a la prueba para mejorar la repetitividad. Sin embargo, advertimos que estos cambios pueden hacer que la estufa funcione de forma diferente de lo que sería en la práctica. Si las pruebas de laboratorio son muy diferentes que en la operación real, entonces las comparaciones realizadas en el laboratorio pueden llevar a conclusiones erróneas acerca del funcionamiento real de las estufas. Los cambios específicos en el WBT deben tenerse en cuenta en la documentación de cada prueba.

#### **1. Combustible:**

- a. *Tipo:* Utilizar leña con un alto poder calorífico (entre 20-21 MJ/Kg) sin excesivo contenido de resina, debería ser usada para todas las pruebas. Escoja una especie que sea bastante utilizada en la región.
- b. *Dimensiones:* los combustibles sólidos de distintos tamaños tienen diferentes características de combustión. Algunos laboratorios utilizan leña con dimensiones de 1.5cmx1.5cm.
- c. *Contenido de humedad:* Todas las pruebas deben realizarse con madera de bajo contenido de humedad (los valores utilizados han sido 6,5% o 10% sobre una base húmeda). Esto reduce la variabilidad, pero puede haber diferencia en la combustión en cuanto a las condiciones de campo.

#### **2. Temperatura inicial del agua:**

Una temperatura inicial fija puede elegirse para el agua en lugar de depender de la temperatura ambiente (15 °C se ha utilizado).

#### **3. Olla:**

Las pruebas deben llevarse a cabo, ya sea con una olla grande estándar (con una capacidad de 7 litros) o una olla pequeña estándar (con una capacidad de 3 litros), dependiendo del tamaño de la estufa.



### F. Ejecución

Las tres fases descritas anteriormente completan el WBT. Asegúrese de que ha introducido todos los datos requeridos. Para compartir resultados que no son de propiedad puede hacerlo a [knowledge@cleancookstoves.org](mailto:knowledge@cleancookstoves.org). Compartir datos sobre las pruebas en todo el mundo ayuda a la comunidad de estufas a entender las mejores soluciones para las intervenciones y las opciones de diseño de estufas.

## V. INTERPRETANDO LOS RESULTADOS DEL WBT

En esta sección se explica cómo interpretar los indicadores de desempeño de la estufa producidos por la prueba de ebullición del agua. Los cálculos de estos indicadores esta hecho de acuerdo a las ecuaciones en el Apéndice 4 y 6.

Cada uno de estos indicadores es valioso, y le corresponde a cada programa de estufas determinar qué indicadores son los más importantes para su programa.

### A. Medidas Más Utilizadas

Las medidas que la mayoría de los programas de estufas se resumen aquí.

*Características de la estufa:* velocidad de combustión, potencia de fuego, capacidad de reducción de potencia.

*Las medidas de eficiencia y rendimiento:* el tiempo de hervir, el consumo específico de combustible, la eficiencia térmica.

*Medidas de emisiones:* emisiones por combustible quemado, las emisiones por MJ, emisiones por tarea de cocción.

### B. Precauciones

Los resultados de las pruebas de alta potencia y baja potencia pueden variar en gran medida. Las estufas a menudo tienen un buen desempeño en la prueba de alta potencia y un mal desempeño en la prueba de baja potencia o viceversa. Los evaluadores deben examinar los resultados de ambos tipos de pruebas en lugar de depender de los totales.

Aunque algunos de los indicadores se normalizan para la cantidad de agua hervida, las comparaciones de las estufas de diferentes tamaños se debe hacer con cuidado.

Los informes de las fases individuales (de alta potencia de inicio frío, de alta potencia de inicio caliente, y cocción a fuego lento) pueden ser menos precisos que el total general. Esto es especialmente cierto debido a que el evaluador no pesa el carbón después de la prueba de inicio caliente, por lo que las estimaciones del combustible utilizado durante el inicio caliente y cocción a fuego lento no son exactas.

### C. Características De La Estufa

*Velocidad de Combustión.* Una medida de los gramos promedio de leña quemada por minuto durante la prueba. Cuando se compara entre las pruebas, se compara la consistencia con que el usuario estaba operando la estufa. Cuando se compara entre fogones, esta medida indica la rapidez con que la estufa consume combustible.

*Potencia de fuego.* Es una medida de qué tan rápido se quema el combustible, expresado en vatios (jules por segundo). Se ve afectada tanto por la estufa (tamaño de la entrada de combustible/cámara de combustión) y la operación del usuario (tasa de alimentación de combustible). Por lo general, es una medida útil de la salida de calor de la estufa, y un indicador de la consistencia del operador de la estufa en varias pruebas. Un valor más alto o más bajo no es necesariamente preferible, sino más bien es un indicador del tamaño de la estufa.

*Relación de reducción de poder.* Indica cuanto el usuario ajusta el calor entre las fases de baja potencia y alta potencia. Un valor más alto indica una mayor proporción de alta potencia a baja potencia, y puede ser señal de un mayor rango de control de potencia en la estufa. Sin embargo, este valor refleja sólo la cantidad de control de potencia que se utilizó en realidad.

### D. Medidas De Eficiencia

*Tiempo de ebullición.* Tiempo que le tomo a la primera olla en llegar al punto de ebullición desde la temperatura inicial.

*Temperatura del tiempo de ebullición corregida.* El tiempo que le tomo a la olla #1 en llegar a la temperatura de ebullición, corregida para reflejar un aumento de temperatura de 75 °C de inicio a ebullición. Esta medida se puede comparar con otras pruebas y estufas para determinar la velocidad de la estufa en alta potencia, un factor importante para los cocineros.

*Eficiencia térmica.* Es una medida de la fracción de calor producido por el combustible que llegó directamente al agua en la olla. La energía restante se pierde en el ambiente. Por lo tanto una eficiencia térmica más alta indica una mayor capacidad para transferir el calor producido hacia la olla. Mientras que la eficiencia térmica es una medida bien conocida del desempeño de la estufa, un mejor indicador puede ser el consumo específico, especialmente durante la fase de baja potencia del WBT. Esto se debe a que una estufa que es muy lento para hervir puede tener un muy buen resultado en cuanto a Eficiencia Térmica porque una gran cantidad de agua se evaporó. Sin embargo, el combustible utilizado por el resto del agua puede ser muy alto ya que gran parte del agua se evapora y tomo mucho tiempo para hervir el agua de la olla.

---

## Prueba de Ebullición de Agua (WBT versión 4.2.2)

---

*Consumo específico de combustible.* Esta es una medida de la cantidad de combustible requerido para hervir 1 litro de agua. Se calcula por el combustible seco equivalente utilizado menos la energía en el carbón restante, dividido por los litros de agua restantes al final de la prueba. De esta manera, se toma en cuenta el combustible utilizado para producir un litro útil de "alimentos" y, esencialmente, el tiempo necesario para ello. El consumo específico de combustible es listado en el *IWA metric for Low Power*, Este se reporta en MJ/ (min. x L).

*Consumo específico-Temperatura del tiempo de ebullición corregida.* El tiempo que le tomo a la olla #1 en llegar a la temperatura de ebullición, corregida para reflejar un aumento de temperatura de 75°C de inicio a ebullición. Esto es para comparar diferentes pruebas que han tenido diferentes temperaturas de inicio o ebullición. A mayor consumo específico-temperatura corregida, más combustible es necesario para completar la misma tarea de producir un litro de agua hirviendo.

*Consumo de Energía- Temperatura del tiempo de ebullición corregida.* Esta es la misma medida que la anterior pero ésta se reporta en energía (kilo-joules) en vez de combustible (gramos). Esto permite una comparación directa entre los combustibles como distintos tipos de leña, carbón, estiércol, etc.

*Valores de referencia.* Los valores de referencia combinan las fases de inicio en frío, inicio en caliente y cocción a fuego lento en un solo valor para la prueba general. Es el promedio de consumo específico de temperatura corregida (o emisión) en el inicio en frío y caliente, más la cocción a fuego lento. Tener un valor global puede ser útil en la comparación de un gran número de diseños de estufas.

### **E. Medidas De Emisiones**

Estas emisiones métricas se pueden utilizar para el CO<sub>2</sub>, CO, PM, u otros tipos. A través de diferentes emisiones métricas, las emisiones se reportan como masas sobre una base seca equivalente. Si se miden partículas ultra-finas (partículas de menos de 100 nm), este resultado puede ser reportado como el número de partículas.

*Las emisiones por MJ hacia la olla (IWA Métricas de alta potencia de las emisiones totales, CO y PM)* - Esta medida es preferible para las fases de alta potencia porque reporta las emisiones en cuanto a la salida deseada, energía para cocción y permite comparaciones entre las estufas y combustibles. La energía para cocinar que llega a la olla se mide como el calor sensible que elevó la temperatura del agua de la olla y el calor latente que produce vapor.

*Índice de emisión (emisiones por hora).* (IWA Métricas para emisiones intradomiciliares, CO y PM). Este indicador especifica la masa emitida sobre la duración de una fase. La tasa de emisión general para determinar el IWA Tier se basa en lo que sea mayor de la alta

## Prueba de Ebullición de Agua (WBT versión 4.2.2)

---

potencia o baja potencia de emisión de CO. La tasa de emisión de alta potencia es el promedio de las fases de inicio caliente e inicio frío.

*Tasa específica de emisión (Emisiones por tiempo por litro de agua) (IWA Métricas para emisiones totales de bajo poder, CO y PM).* Esta medida es preferible para la fase de baja potencia debido a la dificultad en el cálculo de la energía hacia la olla debido a la limitada medición de calor (temperatura del agua relativamente constante) y la variación en la medición de calor latente (producción de vapor muy variable).

*Emisiones por tarea y emisiones por peso de combustible consumido-* Estos son también reportados, sin embargo, estos indicadores tienen menos comparación entre las diferentes estufas.

### **F. Medidas Adicionales**

Estas medidas adicionales se pueden encontrar en las hojas de pruebas individuales (Test-1), (Test-2) y (Test-3).

*El agua evaporada de todas las ollas.* Si este valor es alto en comparación con otras estufas, entonces una alta eficiencia térmica puede no ser una buena medida del desempeño de la estufa. Esto podría significar que la estufa está hirviendo demasiada agua.

*La temperatura del agua en ollas adicionales.* Las altas temperaturas indican que la estufa tiene éxito en el calentamiento de varias ollas.