

La fabricación de un Gasificador de Biomasa de  
200 L para Hacer Carbón/Biochar Mejorado  
para Filtrar Agua



## Contenido

<b>Terminología y abreviaturas</b> .....	<b>1</b>
<b>Introducción</b> .....	<b>2</b>
<b>Diagrama: “Top-Lit Up-Draft (TLUD)” Gasificador de Biomasa Encendida Encima con Flujo Ascendente de 200 L</b> .....	<b>3</b>
<b>I. Antecedentes Conceptuales</b> .....	<b>4</b>
<b>II. Materiales y herramientas</b> .....	<b>6</b>
<b>III. Construcción</b> .....	<b>6</b>
<b>IV. Operación</b> .....	<b>7</b>

## Terminología y abreviaturas

### Biochar (Inglés) / Carbón / Char (Inglés)

"Biochar" se refiere a la práctica de la aplicación de la biomasa carbonizada a los suelos agrícolas con el fin de aumentar los rendimientos de los cultivos, y/o para el secuestro de carbono en el suelo. "Carbón" o "carbón vegetal" se refiere a un producto derivado de la biomasa que es más utilizado como combustible para cocinar. "Char" es un término no específico utilizado para referirse a biochar o carbón.

### Biomasa / Materia prima

Aquí, "biomasa" se refiere a cualquier material leñoso o material celulósico (por ejemplo, madera, residuos agrícolas y forestales) que sirve como el precursor, o "materia prima", para la fabricación de carbón.

### Gasificador

Un dispositivo para el calentamiento de la biomasa con el fin de hacer que se desprendan gases volátiles e inflamables, que luego se quema para generar energía, típicamente para cocinar o calefacción.

### Micro-porosidad / Superficie

Un material "micro-poroso" es aquel que posee una estructura de poros muy finos, la escala en el nanómetro y en el micrómetro es el siguiente respectivamente (10<sup>-9</sup> - 10<sup>-6</sup> m). "Superficie" se refiere principalmente a la superficie interna, es decir, dentro de los micro-poros.

### Pirólisis

El proceso por el que el carbón se genera, en el que la biomasa se calienta bajo atmósfera de oxígeno restringida. Distinta de combustión ("quemar") en el que la biomasa se calienta con suficiente oxígeno presente, dejando sólo cenizas como el residuo sólido.

### COS : Compuesto Orgánico Sintético

TLUD "Top-Lit, Up-Draft"(Inglés) - se refiere a un modo de operación de las unidades de gasificación de biomasa donde el gasificador esta encendido encima y tiene un flujo de aire ascendente.

## Introducción

La contaminación de las fuentes de agua potable por compuestos orgánicos sintéticos (COS - por ejemplo: plaguicidas, productos farmacéuticos, compuestos de combustible) es un problema mundial cada vez mayor. Muchas de estas sustancias se bio-acumulan en el cuerpo humano y causan cáncer, defectos congénitos, las enfermedades del sistema reproductor, y perturban el sistema endocrino y neurológico. El tratamiento del agua por filtración utilizando carbón vegetal es una práctica antigua que continúa hoy en día que puede proveer una remoción de COS eficaz utilizando materia prima obtenida localmente en comunidades rurales a bajo costo.

Desafortunadamente, la producción de carbón por los sistemas de hornos tradicionales es altamente contaminante, ineficiente en el uso de energía, y es intensiva en términos de tiempo y mano de obra. Por otra parte, el carbón tradicional varía mucho en calidad y eficacia para la filtración de agua. En cambio con la gasificación de biomasa se puede producir un carbón óptimo para la filtración de agua potable que es de bajo costo, eficiencia energética, producción local a diferentes escalas en una forma ambientalmente sostenible de residuos agrícolas y forestales y subproductos (incluidas las pequeñas biomasa grano, astillado o peletizado).

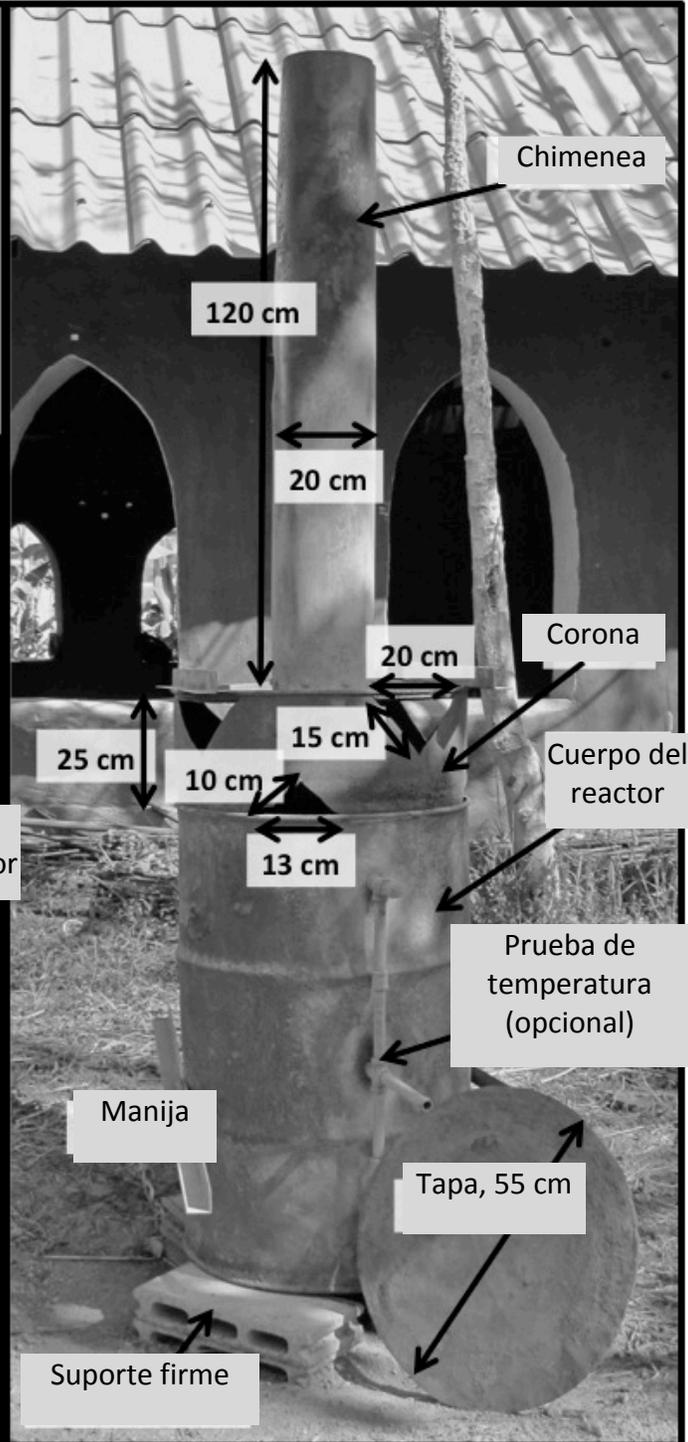
La producción de carbón con un gasificador es favorable desde el punto de vista del medio ambiente y la energía necesario para fabricarlo en comparación con la fabricación de carbón vegetal tradicional ya que los gases de pirólisis se quema dentro de la unidad en lugar de emitirse como contaminantes, proporcionando de esta manera la energía que impulsa pirólisis y obviando la necesidad de una fuente de calor externo de energía. Además, los gasificadores de biomasa pueden ser fácilmente hechos juntos con otros procesos unitarios para la utilización del calor residual. Nuestra investigación ha demostrado que el gasificador consistentemente alcanza altas temperaturas (750-950 ° C) necesarias para el desarrollo sustancial de la superficie y la micro-porosidad en el producto char. Por consiguiente, hemos demostrado que el carbón del gasificador es más eficaz que carbón hecho en un horno tradicional para la eliminación de COS, tales como herbicidas, del agua. Por lo tanto el biochar del gasificador es una tecnología apropiada prometedora, de bajo costo y sostenible para el tratamiento asequible de agua descentralizada en comunidades rurales en vías de desarrollo.

La fabricación de un Gasificador de Biomasa de 200 L para Hacer Carbón/Biochar Mejorado para Filtrar Agua



Borde de 5 cm en la parte superior del cuerpo del reactor

300 agujeros en la parte inferior del cuerpo del reactor 95 mm (3/8")

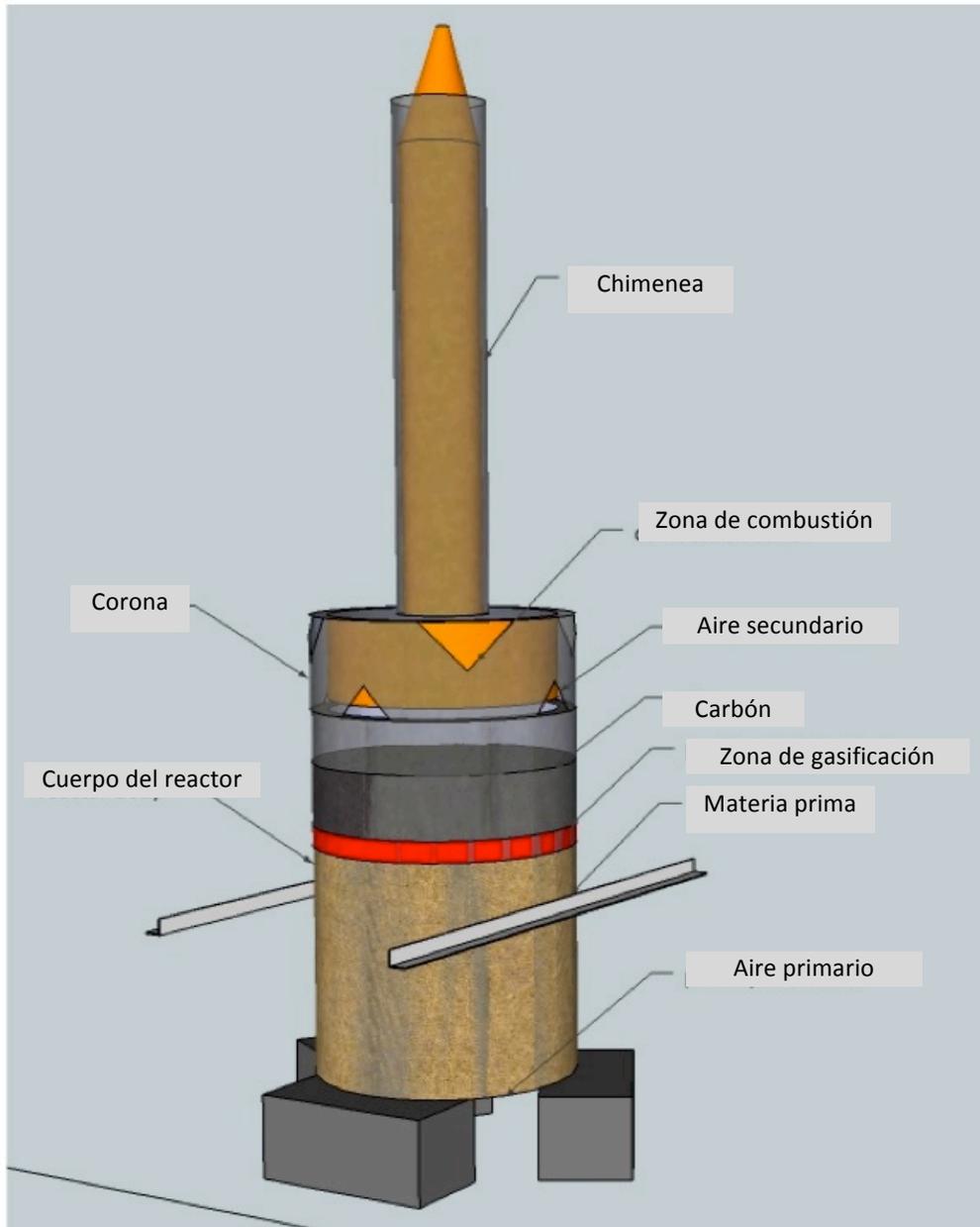


*Un video instructivo que explica los antecedentes conceptuales de la construcción, y operación de esta unidad se puede acceder desde el sitio web de Aqueous Solutions: [www.aqsolutions.org](http://www.aqsolutions.org).*

## **I. Antecedentes Conceptuales**

El proceso de creación de carbón a partir de biomasa - pirólisis - implica el calentamiento del material de partida leñosa ("materia prima") en un ambiente con oxígeno restringido. La clave para generar carbón mejorada para filtrar agua (es decir, carbón con micro-porosidad sustancial y área superficial para la absorción eficaz y la unión de los contaminantes orgánicos sintéticos) es llegar a temperaturas lo suficientemente calientes (es decir, 700-1000 ° C) para eliminar el alquitrán de origen natural y componentes aceitosos de biomasa, mientras que el restante material rico en carbono este convertido a una estructura similar a grafito. En la gasificación de biomasa, las temperaturas altas se obtienen por garantizar una flujo de aire fuerte a través de la materia prima. Un flujo fuerte proporciona oxígeno para la combustión de una pequeña cantidad de la materia prima, y de este modo se genera calor para gasificar y carbonizar el alimento restante adyacente. El corriente también barre los vapores alquitranados aceitosos lejos de la materia prima de carbonización, que permite el desarrollo de una amplia porosidad en el carbón.

En un "top-lit up-draft" (TLUD) gasificador, el flujo de aire entra a través de agujeros en la parte inferior del cuerpo del reactor y se eleva hacia arriba a través de la materia prima (corriente ascendente "up-draft"). El fuego quema desde la parte superior del cuerpo del reactor hacia abajo (encendido encima "top-lit"). (Véase el esquema a continuación.) La zona de pirólisis se mueve así desde la parte superior a la parte inferior del cuerpo del reactor en el transcurso de la quemadura. La corriente de aire que se mueve hacia arriba (denominado "aire primario") suministra oxígeno limitado para mantener el proceso en marcha, pero no lo suficiente como para quemar toda la materia prima caliente. Mientras que la corriente de aire primario pasa a través de la zona de pirólisis dentro del cuerpo del reactor, la corriente también barre los gases combustibles rápidamente hacia arriba en la zona de combustión dentro de la corona y la chimenea. Respiraderos en la corona admiten una cantidad amplia de aire (denominado "aire secundario") para la combustión completa de los gases calientes de pirólisis. Los gases de combustión calientes se mueven hacia arriba a través de la chimenea, aumentando el aire primario que entra en el fondo del cuerpo del reactor.



Esquema del interior del gasificador TLUD mostrando gasificación de materia prima / carbonización en la zona de calentamiento y la combustión de los gases de pirólisis cuando se combina con el aire secundario en la zona de combustión. La calefacción / pirólisis procede de la zona desde la parte superior hasta la parte inferior del cuerpo del reactor durante la cocción. (Ilustración de Reents Nathan.)

Un gasificador TLUD operando bien, debe emitir poco o nada de humo, ya que los vapores y las partículas que constituyen el humo se quema completamente dentro de la unidad. Esto es lo que hace el proceso más eficiente en términos de energía y la minimización de los impactos al medio ambiente en comparación a la fabricación de carbón vegetal tradicional. En la carbonización tradicional, los gases de pirólisis - que incluyen metano, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, partículas, y otros productos de combustión incompleta, - se liberan en grandes cantidades como contaminantes problemáticos en el aire. Además, la carbonización tradicional, requiere una fuente de combustible separada de la materia prima para proporcionar la energía térmica para la pirólisis. Gasificadores TLUD resuelven ambos problemas simultáneamente por la quema completa de los gases de pirólisis, liberando vapor principalmente de CO<sub>2</sub> y agua a la atmósfera, mientras proporciona el calor para la conversión de la materia prima a carbón. Por otra parte, los gasificadores utilizan menos tiempo para operar: el periodo de combustión de un horno estilo tradicional 200 L barril de acero es típicamente 5-8 horas con un periodo de enfriamiento de 12-horas; las quemaduras 200 L TLUD gasifican de 1-2 horas dependiendo de la materia prima, y lleva otros 1-2 horas para enfriar a temperaturas de manipulación.

## II. Materiales y herramientas

*Tenga en cuenta que el diseño del gasificador TLUD descrito aquí es una arquitectura abierta - no dude en modificar según sea necesario para lograr el rendimiento deseado. Invitamos sus comentarios sobre la construcción y el uso de unidades de este y otros similares. Por favor, enviar comentarios a [josh@aqolutions.org](mailto:josh@aqolutions.org).*

Los materiales requeridos incluyen: dos barriles de 200 L (55 gal) de acero para el cuerpo del reactor, la corona y tapa; metal (tubos de acero, tubos de acero cuadrados o hierro angular) para manijas, chapa de metal o una chimenea prefabricada (NO estaño, aluminio, galvanizado o delgada acero ya que se derrite o se descomponen rápidamente), bloque de hormigón o similar para formar una base de apoyo para el cuerpo del reactor; tornillos surtidos, tuercas y arandelas. Herramientas útiles incluyen una amoladora angular y taladro/taladradora o cortafíos para cortar metal, y una soldadura de configuración básica.

## III. Construcción

El Barril # 1 se convierte en el cuerpo del reactor y el barril # 2 se convertirá en la corona y la tapa.

Cortar un círculo de la parte superior del barril # 1, dejando un borde de 5 cm alrededor del borde. Perforar unos 300 agujeros uniformemente espaciados de 9-10 mm de diámetro (3/8 ") en la parte inferior del barril # 1. Alternativamente, cortar ranuras radiales en la parte inferior del barril con un área de sección transversal total de aberturas similar a los agujeros de 9-10 mm. Cortar unos trozos de hierro en ángulo o acero tubular cuadrado de al menos 120 cm de largo para las manijas. Soldar o atornillar estos de forma segura a los lados del barril # 1.

Si usted no tiene acceso a cañón de chimenea, eso puede ser fabricado enrollando una pieza rectangular de chapa de acero, luego soldando la costura.

Cortar las aberturas triangulares superiores e inferiores colocados uniformemente alrededor de un extremo del barril n ° 2: cuatro respiraderos superiores 15x20 cm y cuatro respiraderos inferiores 10x13 cm desplazados por las rejillas superiores (ver diagrama al principio de esta sección). A continuación, cortar alrededor del perímetro del barril n ° 2 para hacer la corona de 25 cm de altura. Cortar una abertura de pestañas en el centro de la cara de la corona, doblar las pestañas hacia fuera y adjuntar la chimenea por medio de pernos o soldaduras. Cortar la tapa, del otro extremo del barril # 2 - aproximadamente 55 cm de

diámetro, o lo suficientemente grande como para solapar el corte en la parte superior del barril # 1 por 2-3 cm mientras que todavía entra dentro del borde del barril #1.

Cortar dos secciones de 2 m de ángulo de hierro o tubos de metal que se utilizará para remover la corona caliente.

Coloque el cuerpo de reactor en bloques de hormigón u otro apoyo robusto que permite suficiente espacio para el flujo de aire a la parte inferior del barril. Colocar la corona/chimenea en la parte superior del cuerpo del reactor, con la corona descansando sobre el metal en la parte superior del cuerpo del reactor en el interior del borde del barril. Un ajuste exacto es bueno. Asegúrese de que todo esté nivelada, firme y no se caiga durante la operación.

#### **IV. Operación**

Para obtener los mejores resultados haciendo carbón con un gasificador TLUD, la corriente de aire debe ser optimizada. Demasiada corriente de aire resulta en altas temperaturas de combustión, pero también por la combustión de un gran parte de la materia prima y por lo tanto rendimientos de carbón bajos. Cuando el corriente de aire es menor, las temperaturas no son suficientes altas para el inicio de una gasificación eficaz - la materia prima arde, produce mucho humo, y no genera un carbón de buen calidad.

La corriente de aire está directamente influenciada por la manera en que la materia prima este colocado en el cuerpo del reactor. Esto depende del tamaño y la forma de la materia prima. Materiales ideales son (no recién cortado) ramas de madera secas o bambú 2-5 cm de diámetro de corte a 10-15 cm de longitud. Mazorcas de maíz son de buen tamaño y forma. Las ramas más pequeñas y ramitas, desechos de madera, astillas pequeñas y rotas cáscaras de coco y virutas gruesas de madera también se puede usar. Granos de biomasa funcionan bien si no son demasiado pequeñas. Pequeñas bolitas, virutas de madera fina, cáscaras de arroz, aserrín y virutas de madera son demasiado finas y el puede bajar el flujo de aire, para mejorar el suministro de aire primario se aplica menos que un ventilador o un soplador suplementario. Materiales gruesos se puede utilizar, pero deben ser finamente cortados - troncos enteros no se convierten completamente en carbón. Se puede utilizar mezclas de diferentes materiales, tamaños y formas.

El mejor carbón para un filtro de agua proviene de materias primas maderables con alto contenido de lignina. Paja y cáscara de arroz se compone principalmente de celulosa y materia mineral y no producen un buen carbón para un filtro de agua. Mazorcas de maíz producen un carbón insignificante para un filtro de agua y no requieren procesamiento (es decir, cortar o picar) antes de la carga en el reactor.

Coloque el reactor en los soportes de bloques de concreto o adobe y cargarlo uniformemente con la materia prima cortada o astillada. Si se utiliza madera de alta densidad como la materia prima principal, una capa de 5-10 cm de bambú picado o mazorcas de maíz se puede cargar en la parte superior del cuerpo del reactor para acelerar el calentamiento inicial para la gasificación de la madera. Coloque la corona / chimenea firmemente en su lugar y rellenar con unos puñados de paja en el interior de la corona como leña. (El uso de combustible como el queroseno o líquido para encendedores no son necesarios y deben ser evitados.) Si hay espacios de aire donde se une la chimenea con la corona, hay que sellarlos con barro.

Encender la pajita a través de los agujeros de ventilación en la corona. El material en la parte superior del cuerpo de reactor comenzará a quemarse. Una pequeña cantidad de humo puede ser emitida desde la chimenea durante esta etapa. Cuando se ha alcanzado temperaturas suficientes para la gasificación, se ilumina la materia prima, mientras que "una bola de fuego" color amarillo-naranja debe aparecer flotando cerca de la parte superior del cuerpo de reactor, en el interior de la corona y el interior de la chimenea inferior. En la preparación para la desconexión, hacer un pozo de lodo al lado del cuerpo

de reactor suficientemente grande para acomodar fácilmente el barril, y guardar 1-2 baldes adicionales de lodo para el sellado de la parte superior del reactor.

Una vela o trozo de cera se puede frotar en el exterior del cuerpo del reactor para indicar donde se encuentra la zona de pirólisis. Cuando la zona de pirólisis alcanza la parte inferior del cuerpo del reactor una luz roja será visible a través de los orificios principales. El color amarillo-naranja de la "bola de fuego" en la corona se desvanecen a una llama clara y azulada. Esto indica que todos los gases de madera se han quemado desde la materia prima y la combustión de carbón está comenzando. La combustión del carbón se produce a temperaturas mucho más altas que la gasificación (en exceso de 1400 ° C en comparación con 700-900° C típico para la gasificación). No se debe dejar que la combustión de carbón continúe durante demasiado tiempo ya que el producto deseado, el carbón, se está destruyendo, y porque las temperaturas muy elevadas pueden resultar por una falla estructural del cuerpo del reactor. La aparición de una llama azul junto con el desvanecimiento de la llama amarillo-naranja es un indicador fiable visual de cuándo es el momento para parar el proceso.

El Apagado del gasificador requiere dos personas. (Ver serie de fotos a continuación.) Use guantes de trabajo de cuero. Coloque los 2 m de longitud de tubo de metal o de hierro en ángulo a través de los orificios de ventilación de la corona para que actúen como asas. Con una persona en lados opuestos del gasificador, levantar la chimenea corona / y dejarla a un lado. Coloque la tapa en la parte superior del cuerpo del reactor, y luego agarrar las asas del cuerpo del reactor, levantar y ponerlo en la fosa de lodo para sellar la parte inferior. Usar el lodo a un lado para sellar la tapa en la parte superior del cuerpo del reactor. Dejar que el reactor se enfríe por lo menos 1-2 horas, luego quitar el barro y recoger el carbón!.

[Nota: Un método alternativo para apagar el reactor consiste en hechar mucha agua sobre el contenido del reactor. Esto puede alterar las propiedades de sorción del carbón en formas favorables o desfavorables. En estos momentos estamos investigando los efectos de "el apagado mojado" en las propiedades del carbón y no puedo recomendar a favor o en contra de este procedimiento en este momento.]

Durante el proceso de carbonización, la materia prima se hunde en el reactor - para hacer carbón óptimo para un filtro de agua es normal y deseable que el volumen sea reducido a  $\frac{1}{3}$  a  $\frac{1}{2}$  del barril. La masa del carbón debe ser de aproximadamente 15% de la masa de la materia prima original - por ejemplo, un 40-75 kg de materia prima puede producir 6-12 kg de carbón.



Fotos que muestra el procedimiento de apagado: El fondo del barril empieza a brillar (a) y las llamas azules aparecen en la corona (b), entonces la pirólisis está casi terminada. Retire la corona y la chimenea (c) y (d) poner la tapa y mover el cuerpo de reactor a la fosa de lodo al lado para sellar la parte inferior (e) y (f) sellar la parte superior con barro para prevenir fugas de aire (g) y (h). (Fotografía por Lyse Kong.)

