

# Módulo 3

## Biomasa: Materia prima y combustible Para micro-gasificación



Muestras de combustibles naturales y densificados



**Contenido del Módulo 3**

3.1 Biomasa sólida utilizable como combustible para micro-gasificadoras .....	3
3.2 Factores que influyen sobre las propiedades del combustible .....	4
3.2.1 Contenido de humedad.....	4
3.2.2 Tamaño de partículas y su distribución por tamaño .....	5
3.2.3 Densidad del combustible y densidad aparente.....	7
3.3 Materia prima lista para usar sin mayor procesamiento .....	10
3.4 Técnicas de procesamiento de combustibles .....	12
3.4.1 Secado .....	12
3.4.2 Reducción .....	13
3.4.3 Densificación .....	14
I. Opciones de briquetado manual (pulpa húmeda, baja presión) .....	17
a) Briquetas hechas a mano .....	17
b) Briquetas formadas con molde de botella perforada .....	17
II. Prensas de palanca (pulpa húmeda, presión baja-moderada) .....	18
a) Prensa de ladrillos de papel de Newdawnengineering .....	18
b) Prensas de una pistola de engrase de Dr. Zan Smith .....	18
c) Prensas de madera de Leland Hite .....	18
d) Prensas de Madera de Richard Stanley y la Fundación Legacy .....	21
III. Opciones de Briquetas: materia prima húmeda-seca a presión media .....	22
a) Tornillo Extrusor .....	22
b) Prensas de Pistón .....	23
IV. Opciones para peletización .....	24
a) Extrusores de molde plano .....	24
b) Extrusores de molde anular .....	25
3.5 Resumen de beneficios de combustibles densificados para micro-gasificadoras .....	27

**Título original: Micro-Gasification: Cooking with gas from biomass**

1<sup>era</sup> edición, Enero 2011, Autor: Christa Roth

Versión electrónica en inglés: <http://www.gtz.de/de/dokumente/giz2011-en-micro-gasification.pdf>

**Publicado por**

Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

HERA – Poverty-oriented Basic Energy Services

(Abastecimiento básico de energía orientado a la pobreza)

Dag-Hammarskjöld-Weg 1-5, D - 65760 Eschborn, Alemania

T +49 6196 79 1361, F +49 6196 79 80 1361

E [hera@giz.de](mailto:hera@giz.de) , I [www.gtz.de/hera](http://www.gtz.de/hera)

**Versión en Castellano:**

1<sup>era</sup> edición en Junio 2011 por la Universidad Agrícola Panamericana Zamorano (Honduras), en colaboración con Christa Roth y GIZ-HERA. Han contribuido a la traducción: El equipo del Centro de Estufas de la Universidad Agrícola Panamericana Zamorano (Honduras): Ing. Reyna Guzmán, Ing. Gracia Flores, Ing. Jorge Espinosa, Ing. Timothy Longwell. María Luisa Blanco y Paniagua de Los Santos (España), el equipo de [www.balata.es](http://www.balata.es) en la Sierra de Francia (España) y Christa Roth

### 3.1 Biomasa sólida utilizable como combustible para micro-gasificadoras

Las micro-gasificadoras pueden utilizar una gran variedad de biomasa que debe ser sólida, relativamente seca, y de un tamaño que permita el flujo adecuado de aire primario. Aunque el carbón puede ser utilizado en una micro-gasificadora significativamente alterada, nuestro enfoque está en la gran base de recursos combustibles de biomasa sólida renovable que otros combustores no pueden utilizar. Una amplia gama de biomasa residual, más allá de la de palos de leña o carbón vegetal, se puede utilizar como combustible para cocinar, en una micro-gasificadora bien diseñada.

**...utilizar biomasa que no requiera la destrucción de recursos forestales maderables significa menos estrés en el ambiente local...**

Para el uso óptimo como combustible y para lograr una combustión eficiente la biomasa debe:

1. Estar **seca**: la humedad debe ser preferiblemente inferior al 20%. Un alto contenido de humedad nos da como resultado una operación de la estufa menos estable y disminuye la disponibilidad de energía para calentar, ya que esta es sacrificada para evaporar la humedad.
2. Ser **trozados a pedazos** para permitir el paso de aire/gas: el tamaño de los pedazos debe ser mayor a 4 mm en la dimensión más pequeña. Para la materia prima más fina, como el aserrín o casulla de arroz, se recomienda una micro-gasificadora con ventilador para controlar el flujo de aire por medio de convección forzada.
3. Tener una **distribución de partículas homogénea** para evitar zonas compactadas o espacios vacíos muy grandes en el contenedor del combustible, lo cual puede prevenir una progresión uniforme del frente pirolítico a través de la cama de combustible.
4. Tener una **densidad energética suficiente** para lograr un equilibrio entre la “masa quemable” en un volumen determinado de contenedor y tanto el tiempo de cocción como la tarea de recarga de combustible.

Puntos generales a considerar en cuanto a la elección de biomasa para combustible:

- El combustible no debe competir con recursos necesarios para la producción de alimentos (tierra, agua, mano de obra, etc.) o con un valor de uso prioritario, como material de construcción.
- Combustibles derivados de plantas de rápido crecimiento no deben tener un impacto negativo sobre la biodiversidad de la localidad.
- Cualquier combustible debe mantenerse disponible y asequible a largo plazo.
- El suministro de cualquier combustible debe tener un manejo sostenible para que sea una fuente de energía verdaderamente renovable.
- El combustible debe ser de fácil uso, cómodo y adecuado para el uso previsto.
- El combustible no debe contener ni liberar sustancias tóxicas o dañinas. En general, cualquier material orgánico previamente vivo es no-toxico en su combustión, pero ciertos combustibles pueden haber sido tratados con sustancias tóxicas para su previo uso, como la madera tratada. Se debe evitar estos materiales, sobre todo al ser aplicados en cocciones, donde las personas usualmente entran en contacto con los gases de combustión.

En áreas con lluvia irregular o escasa, se prefiere utilizar especies tolerantes a la sequía. Muchas “plantas anti-desertificación” que son aptas para restaurar la cobertura vegetal en áreas áridas son una buena fuente de biomasa para combustible. Una selección recomendada de plantas se encuentra en <http://desertification.wordpress.com/3-interesting-plant-species/>.

Algunos ejemplos de biomasa exitosamente utilizada como combustible para cocinar con micro-gasificadoras en Haití son: cáscara de maní, casulla de arroz, concha de coco, rastrojo de maíz o trigo, bagazo de caña de azúcar, desechos animales, bambú, concha de cítricos, semilla de mango, cartón, viruta, briquetas procesadas de biomasa, y peletizaciones de pasto, aserrín y otros desechos de aserradero. (Fotografías cortesía de WorldStove):



All Photos: WorldStove 2010

A pesar de que no todos han sido sometidos a prueba en micro-gasificadores para cocinar, candidatos adicionales para combustible se pueden encontrar en <http://www.gocpc.com/biomass-resources.html>

## 3.2 Factores que influyen sobre las propiedades del combustible

### 3.2.1 Contenido de humedad

#### ¿Cuál es el impacto de la humedad en el proceso de gasificación?

La humedad reduce la energía netamente utilizable del combustible. Cualquier humedad contenida en el combustible es agua que consume 3,21 MJ de energía por kilogramo (litro) a ser evaporada en el proceso de calentamiento del combustible desde la temperatura ambiente hasta la temperatura de pirólisis, cerca de 400°C<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Un ejemplo detallado se halla en el Anexo.

Esta energía no está disponible para cocinar, pero incrementa el peso (la masa) del combustible que necesita ser utilizado en la estufa.

#### **¿Cuál es el contenido de humedad adecuado?**

No hay una respuesta definitiva. El combustible debe estar tan seco como lo permita el clima tropical. Un contenido de humedad entre 8 y 20% es el recomendado.

Ciertas estufas de aire forzado pretenden quemar combustible con un contenido de humedad de 30%. Aun si esto se llega a lograr, definitivamente no es deseable, ya que mucha energía será desperdiciada en el secado del combustible.

#### **¿Qué pasa si el combustible está demasiado húmedo?**

- Encender el combustible húmedo es mucho más difícil que encender combustible seco.
- Ciertas micro-gasificadoras toleran combustibles con alta humedad mejor que otras:
  - Las micro-gasificadoras de frente pirolítico tienen una tolerancia limitada al combustible húmedo, ya que el efecto de enfriamiento causado por la humedad del combustible enfría la llama en la zona de pirolisis. Imagine el vapor de agua mezclado con los gases de la combustión, actuando como un extintor, sofocando la combustión parcial en el frente pirolítico. En este caso el motor de producción de gas-madera se detiene y la micro-gasificadora entra en una combustión más lenta de pirólisis “sucia” y humeante. Este tipo de oxidación no genera suficiente calor para cocinar, desperdicia combustible, y tiene efectos negativos en cuanto a emisiones.
  - Gasificadoras alotérmicas o de retorta, en las cuales la pirólisis es causada solamente por una fuente externa de calor y en completa ausencia de oxígeno, son más aptas para lidiar con combustibles húmedos. Sin embargo desperdician combustible de la fuente externa de calor, por la energía gastada en el secado que se lleva a cabo dentro de la retorta.
  - El sobre-calentamiento de vapor de agua causa enfriamiento en la zona de pirólisis, resultando en una menor eficiencia del combustible y tiempo de cocción más largo.

No hay suficiente información en cuánto al efecto de la humedad sobre las emisiones, es un tema abierto a la investigación.

#### **Conclusión:**

##### **La humedad tiene efectos negativos en la economía del combustible y emisiones.**

Una cantidad sustancial de energía generada a través de la combustión es perdida debido a la humedad presente. A mayor contenido de humedad en el combustible, mayor es la pérdida de energía a través de la evaporación y reduce el valor energético disponible para calentar.

### **3.2.2 Tamaño de partículas y su distribución por tamaño**

#### **¿Cuál es el impacto del tamaño del combustible en el proceso de gasificación?**

El tamaño del combustible en la cama de combustible determina la porosidad y por ende la facilidad con la cual los gases pueden fluir y viajar a través de esta, ya sea aire que entra a la cámara de combustión o gas-madera o gas-carbón que sube. También determina la rapidez de transferencia de calor hacia abajo por ambos, radiación y conducción. En principio, el tamaño o la forma de los pedazos de combustible no es crítico para la operación

de una estufa, siempre y cuando los pedazos y partículas estén dentro del rango de propiedades aceptables que permita su uso en los diseños probados de estufas, sin tener que modificarlas. Hay diseños de estufa que dan mayor flexibilidad en cuanto a tamaño y forma del combustible. Cualquier combustible nuevo debe ser probado en un modelo determinado de micro-gasificadora y si es necesario las condiciones de operación deben ser ajustadas según exijan las propiedades del combustible nuevo.

### **¿Cuál es el tamaño recomendable para el combustible de micro-gasificadoras? ¿Qué es demasiado pequeño o demasiado grande?**

En general, para una estufa micro-gasificadora de tiro natural, el material debe ser granular o en pedazos para permitir un adecuado y estable flujo de gas a través de la cama de combustible en la cámara de combustión. En general el tamaño de las partículas es más adecuado si tiene una longitud mayor a 6mm en su dimensión más pequeña. Entonces las dimensiones deben ser preferiblemente entre 6x6x6 mm y 60x60 mm x la altura de la cámara de combustión (como las de un olote, una briqueta grande o un atado de pasto seco que puede ser colocado verticalmente en la cámara de combustión sin sobrepasar la altura de la misma).

Una regla de dedo de Hugh McLaughlin dice que las medidas promedio de las 3 dimensiones de las partículas de combustible deben ser menor que el 10% del diámetro del contenedor del combustible. En otras palabras, si el contenedor de combustible es de 15 cm de diámetro, las partículas no deben exceder un promedio de 15 mm sobre las 3 dimensiones.

Partículas muy pequeñas bloquearán el flujo de gas. La restricción por partículas como aserrín o casulla de arroz puede ser contrarrestada por una fuerza de convección forzada por ventilador o soplador, o un flujo incrementado por medio de un chimenea más alta (lo cual es menos práctico).

Pedazos muy grandes de combustible generan 3 problemas. Primero, la pirolisis se demora mucho más en alcanzar el centro de la partícula. La pirólisis inicial deja una capa de carbón que aísla el centro de la partícula. El segundo problema es que los pedazos muy grandes por consiguiente crean grandes espacios entre las partículas de combustible. Estos se llenan de aire en condiciones normales. El flujo de aire no restringido podría conducir a una excesiva cantidad de aire en la cama de combustible.

La distribución por tamaño de partícula define el “espacio poroso” entre el combustible y por ende la facilidad de paso del gas: El gas seguirá por los “corredores abiertos” que no se encuentren bloqueados. Por tanto si finas partículas bloquean el paso del gas en una zona particular de la cama de combustible el gas encontrará vías alternas en otras zonas en la cama de combustible con mayores espacios entre grandes pedazos de combustible. Esto conducirá a un avance desigual del frente pirolítico, lo que resultará en humo y uso incompleto del combustible.

Tercero, cuando los pedazos grandes crean cavidades entre si y partículas finas descansan encima, el material fino encendido caerá por gravedad en las cavidades creadas bajo el frente pirolítico. Esto causará un avance en desnivel con área superficial aumentada del frente pirolítico y causará un incremento abrupto en la producción de gas, el cual muchas veces no puede ser quemado por insuficiencia de aire secundario disponible. El resultado es un humo no deseado.

Paul Anderson sugiere que la mayor dimensión (el largo) de las partículas de combustible no debe ser mayor al 25% del diámetro del contenedor de combustible. Esto evita que los pedazos de combustible generen espacios muy grandes al ser vertidos en lugar de ser acomodados a mano.

Una excepción a esto es el uso de combustibles más largos que son colocados intencionalmente (no dejados caer) verticalmente dentro del contenedor de combustible. Ejemplos podrían incluir segmentos de bambú, olotes, bultos de pasto, y algunos palos sin contorsiones. Si los espacios en este caso son muy grandes, un segundo tipo de combustible más pequeño podría ser añadido encima y (sacudiéndolo un poco) podría llenar con holgura los canales, evitando que el combustible encendido caiga a posiciones más bajas. Hay que tener cuidado de no bloquear el flujo de aire.

En general, las dificultades iniciales en cuanto a la selección y método de carga y recarga son resueltas con experiencia.

**Conclusión:**

El combustible debe ser razonablemente **homogéneo** para evitar bloqueos y movimiento desigual del frente pirolítico, ya que esto podría crear humo.

Sin embargo: **Las Micro-gasificadoras tienen una mayor ventaja comparativa en el rango de tamaños de combustible que pueden utilizar, incluyendo aquellos combustibles que de otra manera serían muy pequeños para facilitar una quema limpia en otros modelos de estufas.**

### 3.2.3 Densidad del combustible y densidad aparente

#### ¿Cuál es el impacto de la densidad de combustible en el proceso de gasificación?

La densidad del material usualmente se refiere a “masa sobre volumen”, medida por ejemplo en kilogramos sobre litros o kilogramos sobre metro cúbico. Sin embargo, en el contexto de los combustibles como una fuente de energía, el término “**densidad del combustible**” a menudo se refiere a la **energía disponible en un combustible basándonos en peso**. Indica cuánta masa de carbón quemable está contenida en cada kg de combustible, y cuantas otras sustancias no quemables como agua, materia sólida (contenido en cenizas) hay en un kg. Esto da un **valor energético del combustible**,<sup>2</sup> comúnmente expresado en MegaJoules por kilogramo (MJ/kg), o en América como BTU por libra.

Los valores energéticos varían mucho debido a los niveles variables de humedad y componentes no quemables (ceniza) en la materia prima del combustible. Si el combustible se encuentra húmedo, tiene un incremento en masa (es más pesado) en relación a los componentes del combustible, y el valor energético total es más bajo, ya que 3.21 MJ tienen que ser sacrificados por kilogramo para evaporar el agua del combustible durante la combustión.

La **densidad aparente** es la relación del peso sobre el total del volumen de una sustancia sólida cuando es depositada dentro de un contenedor. La densidad aparente incluye el volumen del aire entre pedazos de combustible. Es una medida del grado de compactación del combustible. La densidad aparente determina cuanta masa quemable del combustible puede ser acomodado dentro del volumen del contenedor de combustible en dado

<sup>2</sup> Para la energía neta liberada existen valores calóricos menores (LHV por sus siglas en inglés) y para energía bruta valores calóricos mayores (HHV). La diferencia principal es el contenido de humedad estimado. Para los LHV la energía para la evaporación de agua es restada. Son estos valores (LHV) los que usamos aquí ya que son más relevantes en la aplicación práctica. Las muestras individuales pueden variar, y los valores calóricos pueden ser muy variables, incluso para una misma especie (como el ocote de pino), ya que la biomasa proviene de organismos previamente vivos que pueden diferir según las condiciones de cultivo. Para mayor información ver <http://www.fpl.fs.fed.us/documents/techline/fuel-value-calculator.pdf>

momento. Esto determina cuanta materia prima de biomasa está disponible para la creación de gas-madera y gas-carbón y cuanta energía puede ser creada a partir de una carga de combustible.

Existen grandes diferencias en la densidad aparente de la materia prima de biomasa, dependiendo del tamaño y forma de las partículas sueltas:

Un contenedor de 1 litro de volumen de combustible podría aproximadamente acomodar 100g de cascarilla de arroz o 700g de pellets de madera densificada. Así que la densidad sí importa!

La siguiente tabla nos da más respuestas a las preguntas, basada en la comparación de combustibles seleccionados.

**Densidad sólida** = ¿Cuánto pesaría 1m<sup>3</sup> sólido de combustible, si se comprime en un bloque sólido sin vacíos de aire (equivalente a gramos por litro)?

**Densidad aparente** = ¿Cuanta masa de un combustible podría caber en un litro de volumen de un contenedor de combustible?

**Energía sobre unidad de peso (técnicamente sobre masa)** = ¿Cuál es el valor neto de energía (LHV) o la energía que rinde 1 kg de combustible si se quema completamente?

**Energía sobre volumen** = ¿Cuanta energía puedo obtener de un combustible cargado en un contenedor de combustible por litro de capacidad volumétrica (sin compresión o compactación del combustible)?

Tipo de Combustible	Humedad	Densidad sólida	Densidad aparente	Energía sobre masa	Energía sobre volumen
	Porcentaje	Kg/m <sup>3</sup>	g/litros	MJ/kg	MJ/litro
Aserrín húmedo	50%	1,100	367g	11,85	4.3
Aserrín seco al aire	10%	800	250g	17,06	4.6
Astillas de madera húmedas	50%	1,100	550g	11,85	6.5
Astillas de bosque secadas al aire	10%	800	400g	17,06	6.8
Pellets secos (aserrín, cascara de nueces etc.)	6-8%	1,100-2,500	650-700g	19,75	13.9

Fuente: Tabla de densidades de combustibles en [http://www.woodgas.com/fuel\\_densities.htm](http://www.woodgas.com/fuel_densities.htm)

Valores para muestras individuales varían con el contenido de humedad, tamaño y forma de las partículas de combustible.

Para comparación otros LHV (redondeado en MJ/kg):

LPG 48, Kerosene 43, Etanol 27-30.

Los valores para el carbón pueden variar entre 25-30 MJ/kg, dependiendo de la calidad del carbón, la temperatura y la materia prima de la cual fue hecho.

Está claro, que el aserrín de madera recién cortada tiene una densidad sólida similar a los pellets comprimidos secos de la biomasa leñosa. Sin embargo, el rendimiento energético por carga de aserrín por un volumen dado es menor que un tercio del rendimiento de los pellets: las razones son la alta pérdida de energía por la necesidad de sacar la humedad y la baja densidad aparente del aserrín.

Si el combustible es apilado de manera cuidadosa con un mínimo de espacios vacíos entre ellos, el doble de masa puede acomodarse en el mismo volumen<sup>3</sup>.

El apilado vertical es una buena manera de empacar la paja o combustible en forma de palitos en el contenedor de combustible. Sin embargo, el apilado vertical puede causar problemas con la progresión uniforme de quemado en las estufas TLUD en las cuales las llamas se mueven a lo largo de los leños de combustible individualmente y encienden la masa entera de combustible desde abajo- conduciendo a una producción excesiva de humo.

**Conclusión:**

Las preguntas relevantes para una operación de cocina son: cuanta energía y calor pueden ser generados en cualquier momento dado, durante el curso del ciclo de cocina y por tanda de combustible. El determinar cuánto se puede cocinar con cada lote de combustible es de especial importancia para micro-gasificación en tandas.

El rendimiento neto de energía del combustible depende en gran medida del tipo de biomasa, contenido de humedad, tamaño y forma, manera de acomodado y densidad aparente que resulta del combustible.

Residuos de biomasa de bajo grado con alto volumen pueden proveer mayor producción de energía en una gasificadora si están secos, si son de tamaño adecuado, y si han sido compactados y densificados.

Algunos tipos de biomasa están listos para usar en micro-gasificación, pero otras materias primas requieren algunos pasos de procesamiento para ser usada como combustible de cocina en una micro-gasificadora: **secado, reducción y densificación.**

La biomasa para estufas de cocina viene en tres tamaños: demasiado pequeños (se debe hacer briquetas, etc.), tamaño ideal y demasiado grande (se debe cortar). Todo combustible es sometido a algún procesamiento y reducción de tamaño, algunos a altos costos como el refinamiento de petróleo. Es razonable esperar que las industrias que proveen la biomasa para combustible crecerán sustancialmente, madurando a medida que los aparatos de gasificación sean más utilizados.

---

<sup>3</sup> Un ejemplo se encuentra en el anexo

### 3.3 Materia prima lista para usar sin mayor procesamiento

La lista de materia prima usada es interminable y depende de lo que se encuentra disponible en cada localidad. La siguiente tabla de la FAO facilita algunas ideas, de donde buscar para obtener la materia prima adecuada. Los desechos municipales no son recomendados para uso en micro-gasificadores de cocina o calefacción, debido a su alta variabilidad y la presencia de ingredientes potencialmente tóxicos, tales como aceite de motor o baterías.

**Tabla 2: Clasificación de Fuentes de biocombustible por sus diferentes características**

		Biomasa leñosa	Biomasa herbácea	Biomasa de frutas y semillas	Otros (incluyendo mezclas)
		Combustibles de madera	Agro combustibles		
<b>Cultivos energéticos</b>		- arboles de bosques energéticos - arboles de plantaciones energéticas	- pasto energético - cultivos energéticos de cereal	- granos energéticos	
<b>Sub-productos</b>	Directos	- subproductos de raleo - subproductos de tala	subproductos agrícolas: - paja		- subproductos de animales - subproductos de horticultura - subproductos de jardinería
	In-directos	- subproductos de industria de la madera	- subproductos del procesamiento de fibra	- subproductos del procesamiento de la industria alimentaria	- lodos - subproductos de matadero
<b>Materiales de uso final</b>	Recuperados	Madera usada	- productos de fibra usados	- productos usados de frutas y semillas	- subproductos de origen municipal
					- residuos de cocina - lodo de depuradora

Fuente: Terminología de Bioenergía unificada <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/007/j4504e/j4504e00.pdf>, página 9.

Los residuos agrícolas son generados en grandes volúmenes temporada tras temporada y a menudo descartados como basura. Los desechos de cultivo son una gran fuente de biomasa combustible no maderable: paja, tallos, hojas, cáscaras, concha, piel, linas, piedras, pulpa, rastrojo, etc. Proviene de cereales (arroz, trigo, maíz, sorgo, cebada, mijo), algodón, maní, yute, leguminosas (frijol, soya, gandul), café, cacao, olivos, frutas (banano, mango, coco, marañón) y palma aceitera. En países en vías de desarrollo los residuos agrícolas son quemados como combustible en su estado natural con un tratamiento mínimo de secado, cortado y compactado. En comparación a combustibles maderables, los residuos de cultivos tienen típicamente alto contenido de compuestos volátiles, baja densidad y un reducido tiempo de quemado. La siguiente tabla provee una comparación:

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Los residuos agrícolas son un combustible libremente disponible para familias pobres de áreas rurales.</li> <li>- Es también una manera de deshacerse de los residuos en vez de tener que quemarlos en el sitio.</li> <li>- Los residuos agrícolas se guardan con mayor seguridad que el LPG (este supone fuertes riesgos en su almacenamiento y transporte).</li> <li>- Es fácil de manejar y transportar.</li> <li>- Impacto reducido en el tiempo de cosecha requerido de las mujeres</li> <li>- Los residuos agrícolas son más fáciles de encender que carbón o madera.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Es responsable de los casos extremos de contaminación del aire cuando se quema a fuego abierto o en estufas tradicionales mejoradas, pero se puede quemar bien en estufas gasificadoras.</li> <li>- Es cargoso y tiene que ser acarreado a las casas.</li> <li>- La estacionalidad de los cultivos puede ser una limitante para su uso.</li> <li>- El tiempo de combustión es menor.</li> <li>- Su almacenamiento requiere más espacio protegido de los elementos en casas o almacenes.</li> </ul>

Algunas desventajas asociadas con la dificultad de acarreo de residuos pueden ser manejadas comprimiendo el combustible crudo, proceso llamado “densificación”. Propiedades no favorables de residuos nativos quemados al ser utilizados en estufas convencionales pueden ser sobrepasadas por el uso de micro-gasificadoras que pueden utilizar este tipo de combustible. Otros ejemplos muestran que el uso de combustible puede contribuir a la reducción de la contaminación ambiental. Las personas se motivan a utilizar biomasa residual que se destinaba a la descomposición, a la incineración, a ser acumulada en grandes cantidades o a ocupar espacio en rellenos sanitario.



Un ejemplo de materia prima sin procesar con excelentes propiedades de combustión para ser utilizado en gasificadora: la concha de un cítrico llamado “chadeck” comúnmente encontrado en Haití. Según Nathaniel Mulcahy en marzo 2010, obtenían 37 minutos de llama azul pura con concha de 3 chadeck.  
<http://tweetphoto.com/13064693>, Cortesía de WorldStove



De Nathaniel Mulcahy, el tallo sin procesar de la caña de azúcar formando una carga de combustible para una estufa Lucia localmente construida en Haití, quema con una llama limpia.  
<http://tweetphoto.com/14266639>  
 Cortesía de WorldStove

### 3.4 Técnicas de procesamiento de combustibles

Un combustible uniforme de tamaño y forma homogéneos como pellets de 6 a 10 mm de diámetro son una opción superior de combustible muy recomendada para utilizar en gasificadoras, pero aún no se encuentran fácilmente en la mayor parte del mundo.

La siguiente tabla provee una guía de materia prima y su procesamiento potencial:

Tamaño	Ejemplo	Problema	Solución	Necesidades de procesamiento
Partículas demasiado pequeñas	Aserrín Casulla de arroz	Las pequeñas partículas bloquean el flujo de gas	Producir piezas más grandes	Densificación
Distribución heterogénea de partículas por tamaño	Virutas de madera mezcladas con aserrín	Las pequeñas partículas bloquean el flujo de gas	Producir piezas de tamaño homogéneo	Densificación
Muy voluminoso (alto volumen, valor bajo)	Cáscaras de maní, paja, heno, etc.	Se necesita una cámara de combustión de gran volumen, costo de transporte	Tiene que ser más compacto	Densificación
Tamaño correcto	Cualquier cosa que se puede utilizar directamente en la cámara de fuego, viruta de madera, ramas, estiércol de oveja, el excremento de conejo, olote de maíz, etc.			Secado
Partículas muy grandes	Pedazos de madera, bambú, cáscaras de coco	No caben en la cámara de combustión	Producir pedazos más pequeños	Reducción de tamaño: trituración, recorte, picado, etc.

La carbonización de biomasa no es un proceso técnicamente descrito aquí, un micro-gasificador funciona muy bien con biomasa no carbonizada, al contrario que las estufas de carbón convencional las cuales dependen de combustible carbonizado.

#### 3.4.1 Secado

El secado por sol y viento son las opciones más factibles y baratas en la mayoría de los escenarios en los que se necesita el secado del combustible de biomasa para cocinar. El almacenamiento en seco posterior complementa los esfuerzos para evitar que el combustible recupere humedad de los elementos.

Se debe diferenciar entre humedad total del combustible y la humedad de la superficie. La humedad de la superficie (por ejemplo, cuando un tipo de combustible con un centro seco se moja por la lluvia, pero la humedad no ha penetrado al núcleo) se puede quitar en un par de horas, mientras que la humedad en el núcleo necesita días, semanas incluso hasta meses para que sea removida, dependiendo del diámetro de las piezas del combustible.

El combustible de biomasa puede precalentarse fácilmente con el propósito de remover la humedad residual si se mantiene el combustible cerca de la estufa antes de utilizarlo. Algunas estufas ofrecen opciones especiales, como un cajón de precalentamiento para el combustible debajo de la estufa para este fin. El secado por medio de hornos suele ser irrelevante a nivel doméstico y no es un tema abordado aquí.

### 3.4.2 Reducción

Reducción se refiere a la **reducción del tamaño** de combustibles de alto valor energético a un tamaño compatible con las micro-gasificadoras. Se realiza cortándolos, picándolos, moliéndolos, rompiéndolos, etc. Esto se aplica principalmente a la madera u otros sólidos principalmente leñosos que vienen en pedazos demasiado grandes para caber en un micro-gasificador para cocinar. Para incrementar el tamaño del material y crear piezas más grandes a partir de partículas pequeñas o irregulares se necesita la densificación, que se aborda a continuación.

Precaución: en una zona con abundancia de leña en forma de troncos o palos grandes, tiene que ser considerado cuidadosamente, si la reducción del tamaño de combustible para micro-gasificación es la opción más rentable, o si hay otras alternativas para quemar este tipo de biomasa limpiamente. Cortar madera a mano es un gran esfuerzo físico que a la mayoría de personas no les gusta y por lo tanto, se quejan y no lo hacen. En un escenario donde no hay escasez de madera de gran tamaño, otros modelos de estufas como las “Rocket”, que pueden quemar palos de madera bien y limpiamente, podrían ser más aceptables y adecuados para la cocina doméstica. Si la producción de carbón vegetal es el propósito y la cocina doméstica no es el enfoque, se deben considerar unidades más grandes, tales como retortas e.g. la retorta Adam. Ya que las necesidades de reducción a mano son sumamente abrumantes, pueden marcar el éxito o fracaso de las micro-gasificadoras en una región. Si el esfuerzo adicional que se requiere para preparar el combustible es demasiado excesivo, las estufas gasificadoras no serán del agrado de la gente y la adaptación exitosa improbable.

Si es posible, se recomienda establecer una cadena de suministro de combustible de tamaño reducido adecuado (por ejemplo astillas de madera chipados con un equipo mecanizado) a un costo asequible y al alcance de los usuarios. Para áreas desprovistas de otros combustibles de tamaño naturalmente más pequeño, esto mejorará la aceptación de micro-gasificadoras para cocinar. Las principales herramientas para reducir el tamaño de manera manual son los cuchillos, hachas y divisores. Para operaciones mecánicas hay trituradoras y picadoras con ruedas de conducción y cuchillas giratorias y molinos.

Los molinos de martillo utilizan principalmente las fuerzas de impacto, mientras que los molinos de corte cortan el material en pedazos con la rotación de los dientes de corte hechos de metal rígido.<sup>4</sup>

El equipo más común para las operaciones a gran escala requiere entradas de energía externa sea por motores de combustión o electricidad. Un equipo más grande puede ser necesario como paso previo para la densificación ya que el material de entrada debe ser más pequeño que el producto densificado. En otras palabras, para producir un pellet de 6 mm de diámetro, la materia prima tiene que ser de menor tamaño. El equipo industrial se basa en trituradoras, molidoras, o cortadoras, molinos de martillo. Existe equipo de todo tamaño y tiene que ser seleccionado conforme a las necesidades específicas del área y escala de operación.

---

<sup>4</sup> <http://wiki.gekgasifier.com/w/page/6123688/Chippers,-chunkers,-loppers,-splitters,-shredders,-disintegrators,-etc>. ofrece una buena panorámica sobre el equipo disponible para cortar madera.

### 3.4.3 Densificación

La necesidad de tratamiento más importante es la densificación de materiales voluminosos de biomasa disponibles en forma de residuos de alto volumen que no pueden ser bien utilizados de otra manera como combustibles para cocinar.

Los combustibles compactos y densos tienen varias ventajas:

- Tienen un mayor valor energético por volumen (más carbón por volumen)
- Reducen los costos de transporte (más combustible y menos aire que se transporta)
- Tienen un rendimiento más predecible en una estufa por ser más homogéneos en cuanto a tamaño, densidad y forma
- Son más fáciles y de más limpio manejo (menos polvo, fácil de empacar)
- Son de uso más conveniente debido a su tamaño listo para usar (no se necesita cortar)
- Son más fáciles de almacenar (menos absorción de la humedad, menos moho, hay menos incendios de auto-ignición espontánea, menor infestación por plagas que los combustibles naturales).
- Pueden ser una solución a los problemas de gestión de residuos.
- Aumentan el valor de los residuos, a menudo creando empleos en el proceso.

Sin embargo, la biomasa densificada no es la varita mágica! Se requiere de equipo y trabajo adicional. Para establecer esta capacidad a nivel local, se necesitan inversiones que se justifican solamente en los casos cumpliendo con los criterios siguientes:

- Donde el combustible es ya un producto valorado y comercializado (como en muchas áreas urbanas).
- Cuando las familias tienen el poder de compra.
- Donde hay una gran fuente de biomasa residual no aprovechada (que no compita con su uso como abono o compost).
- Cuando hay un vínculo posible entre la fuente de la biomasa y el mercado del combustible densificado (relación de distancia, los costos de transporte y el valor del combustible).
- Cuando la densificación de combustible puede funcionar como un negocio
- de generación de ingresos.
- Donde hay electricidad, de modo que se pueda realizar una operación a gran escala. Sin electricidad sólo la producción manual a pequeña escala es factible.

#### ¿Cómo puede densificarse el material para micro-gasificación?

Se utilizan diversos métodos de unión y de compactación para pegar el material suelto de la biomasa y hacer una forma compacta y densa, que no se desmorone de inmediato durante el secado, la manipulación y el uso del combustible. El uso previsto del producto y la escala prevista de operación determinan el tamaño, la forma y el grado necesario de compactación del producto. Los procesos de densificación de la biomasa se pueden agrupar en tres grupos principales<sup>5</sup>:

---

<sup>5</sup> basado en un correo electrónico de Richard Stanley de la Fundación Legacy en Mayo de 2010

**Proceso húmedo a temperatura ambiente y baja presión (10-15 bar):**

Un aglutinante adicional es opcional, la unión se lleva a cabo a través de la reorganización aleatoria de las fibras naturales suaves en una amplia variedad de residuos agrícolas o de otro origen. El proceso acepta aserrín, cáscara de arroz, bagazo, cáscaras de café, maní y otra materia prima granular, así como polvo o migas de carbón o residuos agrícolas carbonizados, siempre y cuando las fibras puedan encapsularse en una masa apretada inelástica cuando se comprimen. Hace falta seleccionar y preparar con cuidado la materia prima para optimizar una mezcla según los criterios flexibilidad, combustibilidad y otros comportamientos. Una vez que se domina los principios de hacer briquetas de esa manera, se abre camino a utilizar una variedad de ingredientes mucho más amplia en comparación con otros procesos. La densificación y el moldeado se pueden hacer a mano para apretar el material y darle forma, o aplicarle fuerza humana para presionar el material en un molde. Más de 25 diseños de versiones manuales o mecanizadas de prensa están en uso, con diversas formas de crear presión: palancas, gatos hidráulicos, rodillos de tornillo, de pedal. Los costos van desde \$ 50 a \$ 750. La densidad del producto es de 0.3 a 0.5 g / cc.

**Proceso húmedo-seco, temperatura ambiente y baja a media presión (10-50 bar):**

El siguiente nivel normalmente empezaría con una presión similar al proceso anterior y superarlo por mucho dependiendo del tipo de maquinaria. Requiere cierto tipo de aglutinante (arcilla, almidón, pasta de concha de banano, goma, ceras o melaza). Las temperaturas aún son cercanas a la temperatura ambiente pero el agua es poca o nada. La mezcla de la materia prima relativamente seca permite el uso de tornillos de baja presión y las prensas de los procesos húmedos anteriores. Actualmente, están en uso más de 10 prensas manuales o mecánicas utilizando varios tornillos. Los costos son por encima de los \$50 para los dispositivos manuales. La densidad del combustible obtenido es entre 0.3 y 0.7 gm/cc. Los productos son por mayoría briquetas con agujero, de biomasa cruda o de polvo de carbón.

**Proceso seco a alta presión:**

El siguiente nivel de densificación involucra una gran alza en la presión (400 a 600 bar) y requiere el secado de los materiales para asegurar una humedad debajo del 20%. La compresión por prensa o tornillo a menudo requiere añadir calor para elevar las temperaturas del cilindro o barril hasta 200 grados Centígrados. Mediante esta combinación de temperatura y presión se moviliza la lignina de la biomasa y funciona como aglutinante. Si se aplica calor externa como en un extrusor de tornillo, el exterior del leño o la briqueta queda 'tostado'. El proceso requiere de un suministro garantizado de materia prima de cierto tipo, grado y humedad. Las maquinas más industrializadas cuestan entre 3,000 y 30,000 dólares. La gama de productos incluye briquetas con o sin agujero y leños encerados, que son muy populares sobre todo en países asiáticos.

El término "**briqueta**" se suele usar para una porción considerable de un producto densificado de cualquier forma y nivel de compactación donde el lado más pequeño es superior a 2cm de longitud. Se utiliza el término "**pellet**" si el producto final de una compactación de alta presión es corto y redondo y de un diámetro de 6-20 mm. Los pellets se forman ejerciendo alta presión a la biomasa seca a través de un molde con múltiples agujeros / boquillas (como una máquina de espaguetis sobredimensionada).

Varias prensas de briquetas y pellets están disponibles principalmente en el mundo industrializado. La densidad del combustible puede llegar incluso a mas de 1.0 gm/cc ya que algunos pellets y briquetas de alta densidad son más pesados que el agua y no flotan (una

prueba fácil para determinar la densidad del combustible). Hay un riesgo de que los pellets y las briquetas secas pero de alta densidad tiendan a desmoronarse en condiciones más húmedas a medida que van recuperando humedad. En general, la calidad del producto incrementa con el aumento de presión de compactación, lo que implica:

- Temperaturas más altas: haciendo que la lignina contenida en la propia materia prima se funda, para que pueda actuar como cera y sirva de único aglutinante. No es necesario agregar otros aglutinantes.
- Se necesita una menor cantidad de agua para la preparación de la materia prima: por ende, se reduce el tiempo y espacio para el secado, y se obtiene un producto con menor contenido de humedad y, por consecuencia, con valores calóricos más altos.
- El aumento de las necesidades de electricidad y mayores costos de inversión y operación.
- Disminución en la intensidad del trabajo lo que reduce la creación de empleo en la fase de producción, con un potencial de creación de empleo local en la cadena de distribución de combustible.

Muchos factores influyen en la factibilidad de densificar biomasa en determinado contexto. La siguiente tabla puede servir de guía para la elección entre opciones de densificación según la presión deseada y el rendimiento deseado por hora. Refleja los métodos de preparación y compactación de materia prima, aglutinantes, etc. La disponibilidad de los insumos necesarios como agua, electricidad, capital, mano de obra, espacio, etc. es fundamental para el éxito de cualquier proyecto de densificación. Estos son factores limitantes potenciales para la viabilidad de una opción de densificación y deben mantenerse presente desde las fases iniciales en las cuales se decide si optar por la densificación. Hay que tomar en cuenta que los factores descritos se encuentran en un proceso continuo y no tienen valores concretos, claros y definidos que pueden determinar un límite a la siguiente categoría. Ejemplos de algunas tecnologías se muestran después de la tabla.

### Guía para identificar opciones adecuadas para densificación

Presión y aumento de temperatura	bajo	moderado	alto
Proceso de preparación	suspensión acuosa (sólido en agua)	mojado/húmedo (agua en sólido)	seco humedad < 20%
Aglutinante	fibras naturales reordenadas	requiere aglutinante: arcilla, cera, almidón, melaza	lignina derretida de la biomasa
Moldeado	moldeado a mano	formado en moldes	extrusión por una boquilla
Método de alza de presión	a mano	palancas livianas, tornillos	palancas fuertes, tornillos, tornillos, pistones, rodos y boquillas
Electricidad requerida	niguna	opcional	monofásica < 5KvA trifásica > 5KvA
Intensidad de mano de obra requerida	alta	moderada	baja
Escala de producción (en kg por hora)	bajo	< 50 kg por hora	> 1000 kg por hora
Inversión inicial	baja	moderada	alta
Requerimientos de local comercial	espacio para secar	espacio de almacén, electricidad	

Diseño por: Christa Roth

Moldear con baja presión a mano o con palancas ligeras de bajo costo requiere una preparación húmeda de materia prima y espacio de secado después de la producción. Puede producir suficientes salidas para el consumo de una sola casa o un negocio familiar. Las economías de escala con salidas de productos densificados por encima de 1,000 kg/h requieren inversión fuerte de capital inicial para maquinaria y suministro de electricidad trifásica por encima de 20 KvA, factores limitantes en ciertos lugares. Algunos ejemplos son presentados en los siguientes párrafos.<sup>6</sup>

## I. Opciones de briquetado manual (pulpa húmeda, baja presión)

### a) Briquetas hechas a mano



La manera más simple de hacer briquetas pequeñas: una pasta de biomasa en agua se deja remojando por algunos días para mejorar las propiedades de aglutinamiento.

La pulpa se moldea haciendo presión a mano o en un molde como por ejemplo una bandeja de cubos de hielo.

El reordenamiento de las fibras asistido por un aglutinante como la pulpa de papel u otros mantienen las briquetas con su forma durante el secado y uso.

Factible para producción a menor escala.

### b) Briquetas formadas con molde de botella perforada

Otro método manual sencillo para producciones a menor escala es promovida por la Fundación para Tecnologías Sostenibles (FOST por sus siglas en inglés) en Nepal: la pasta de biomasa húmeda se introduce en un bote perforado, se colocan unos Discos Compactos desechados, para separar pequeñas porciones de la pasta. Se presiona con una vara en la parte abierta de la botella y el agua se escurre por los agujeros de la botella. FOST también promueve prensas de palanca larga.



Fotografía: Christa Roth

Izquierda:  
Prensa de 'Botella'  
demostrado en la  
conferencia de PCIA en  
Uganda en Marzo 2009  
por el fundador de  
FoST, Mr. Sanu Kaji  
Shrestha.

Derecha:  
Varias formas y  
tamaños de briquetas a  
venta en Nepal



Fotografía: <http://www.fost-nepal.org/>

<sup>6</sup> Hay un recurso en línea de la red 'fuel briquette online' para intercambiar experiencias, obtener ayuda para solucionar retos o simplemente compartir información sobre trabajo propio: [fuelbriquetting@googlegroups.com](mailto:fuelbriquetting@googlegroups.com)

## II. Prensas de palanca (pulpa húmeda, presión baja-moderada)

Las palancas son buenas herramientas para crear presiones elevadas solo con la fuerza humana. Las palancas largas o palancas multi-compuestas incrementan las presiones que se desean alcanzar. Las palancas se pueden usar con mayor rapidez que los gatos hidráulicos y las prensas de placa y tornillo.

Hay una gran variedad de prensas de palanca. Esta sección solo mostrará algunos modelos selectos fácilmente replicables o cuyos planos están disponibles.

### a) Prensa de ladrillos de papel de Newdawnengineering

Precio ca. 300 ZAR.

Hace briquetas combustibles de 230x90mm del desperdicio de papel el cual puede mezclarse con otros combustibles como polvo de carbón, viruta o pasto.



Parts of a Paper Brick Maker:



El papel es un buen aglutinante que puede ser mezclado con cualquier otro residuo que esté disponible. La presión es generada por dos palancas. Es ideal para una producción descentralizada a pequeña escala. Para más detalles visite

<http://www.newdawnengineering.com/website/paper/brick/>

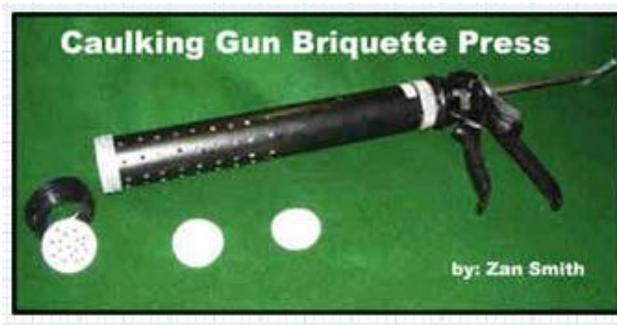
Referencia para una unidad más grande de la misma compañía en <http://www.newdawnengineering.com/website/stove/firecube/>.

### b) Prensas de una pistola de engrase de Dr. Zan Smith

Esta prensa está hecha de una pistola de masilla de tamaño industrial. Es un experimento por el Dr. Zan Smith para convertir residuos del banano en Ruanda en briquetas para estufas domésticas. Es estimado que incluso un dispositivo más pequeño (de tamaño regular) se puede utilizar y crear presiones en exceso a los 50 Psi.

Para más detalles visite

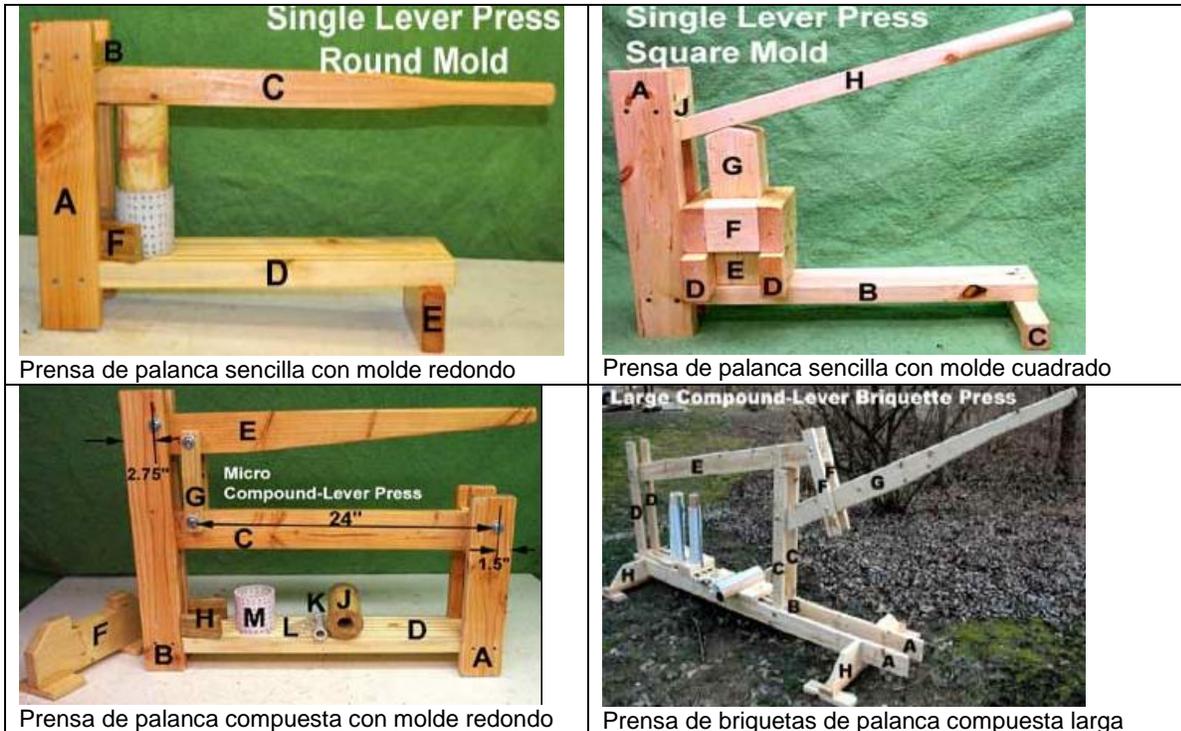
[http://www.home.fuse.net/engineering/documents/Briquette\\_Experiment%201-16-10\\_and\\_june\\_revision\\_2.pdf](http://www.home.fuse.net/engineering/documents/Briquette_Experiment%201-16-10_and_june_revision_2.pdf)



### c) Prensas de madera de Leland Hite

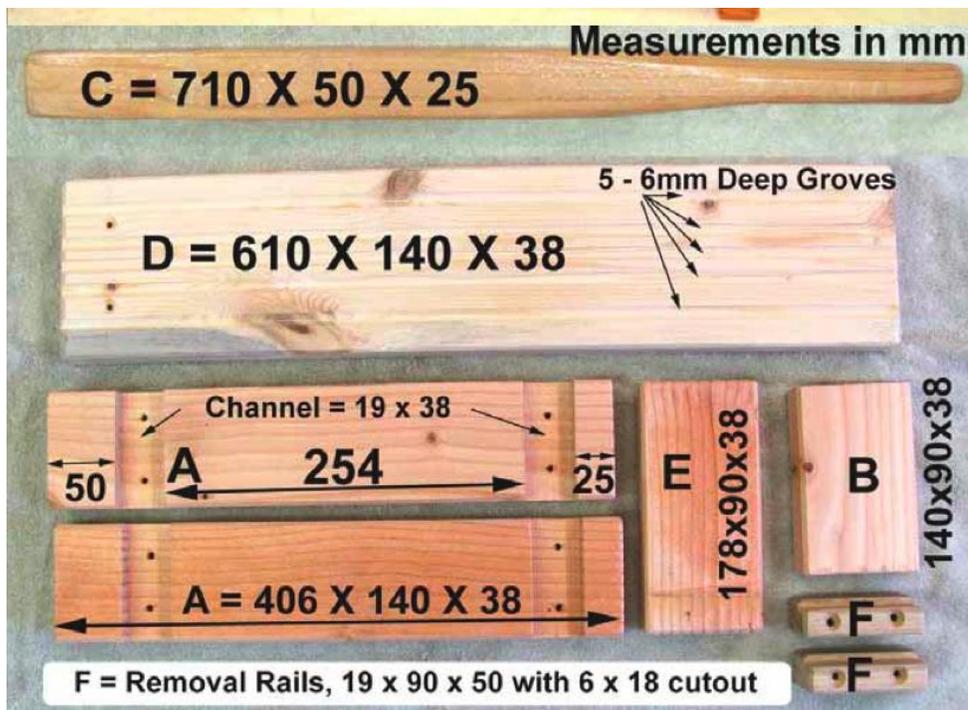
Una prensa de briquetas de madera simple y de bajo costo se puede encontrar en <http://www.youtube.com/watch?v=Mt0QQe6Eetw>.

Este instructivo video muestra versiones de prensas con una sola palanca o palancas multi-compuestas sencillas pero potentes y versátiles. Esas prensas pueden producir briquetas de biomasa cuadradas o redondas a una velocidad de menos de una briqueta por minuto. Diseños en inglés o francés incluyendo medidas métricas o en pulgadas tanto como el enlace del video se encuentran en [http://www.home.fuse.net/engineering/ewb\\_project.htm](http://www.home.fuse.net/engineering/ewb_project.htm)



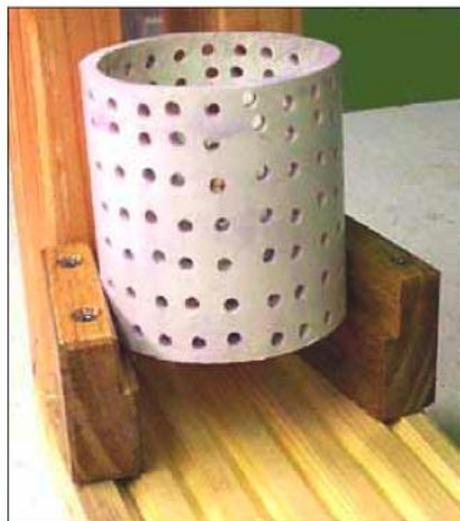
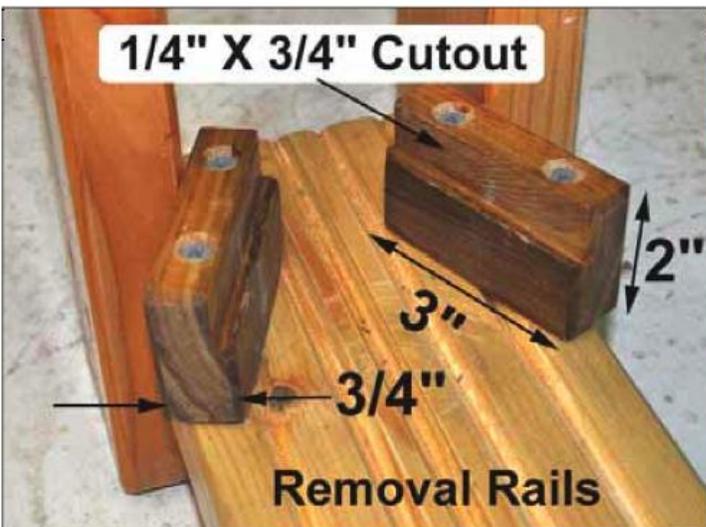
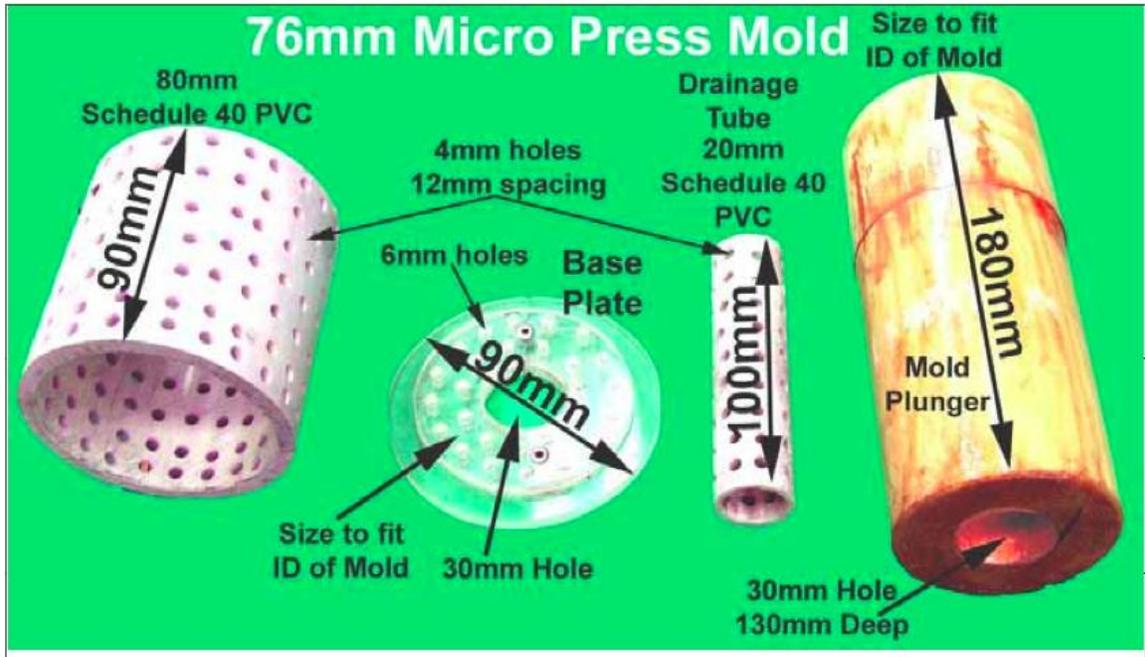
Fuente: [http://www.home.fuse.net/engineering/ewb\\_project.htm](http://www.home.fuse.net/engineering/ewb_project.htm), donde también hay otras descripciones interesantes.

A continuación un ejemplo del manual de instrucciones con el sistema métrico en inglés de [http://www.home.fuse.net/engineering/documents/Single\\_Lever\\_Round\\_Press\\_ENGLISH.pdf](http://www.home.fuse.net/engineering/documents/Single_Lever_Round_Press_ENGLISH.pdf)



EWB Cincinnati, Ohio, USA, Lee Hite, April 23, 2010, Micro Single-Lever Press

**Micro Single-Lever Press ENGLISH**



### d) Prensas de Madera de Richard Stanley y la Fundación Legacy

Richard Stanley y la Fundación Legacy son probablemente los promotores más activos de la fabricación manual de briquetas de biomasa a nivel mundial. El sitio web <http://www.legacyfound.org/> tiene amplios recursos acerca del briquetado manual y varias publicaciones a la venta.

Hay varias versiones de la prensa común de palanca, las hay baratas de madera, y se pueden hacer prensas más fuertes de palancas de metal duradero a un mayor costo.

### Ejemplos de Briquetas de Biomasa de diferentes países del mundo



### III. Opciones de Briquetas: materia prima húmeda-seca a presión media

Esta categoría incluye las versiones de prensa que pueden ser de tracción mecánica, por ejemplo, por rueda o eléctricamente, con las necesidades de electricidad en función de la presión y el rendimiento esperado. La velocidad de densificación o el rendimiento alcanzable por hora, el consumo de energía de la prensa y la calidad de las briquetas producidas dependen en gran medida de las propiedades de la materia prima (viscosidad, cohesión, tamaño y distribución de partículas, etc.) Las partes móviles, que generan la presión en contra de un molde, son de tornillos de rotación o pistones con movimiento de vaivén.

Normalmente, la producción por hora está limitada por el diámetro de la boquilla del extrusor. El tiempo del funcionamiento continuo depende del aumento de temperatura del equipo y el tiempo hasta que hay que pararlo antes de que se sobrecaliente.

#### a) Tornillo Extrusor

En una prensa de tornillo extrusor, un tornillo giratorio sinfín de forma cónica toma la materia prima de la biomasa a partir de la tolva y la compacta contra una boquilla que ayuda a la acumulación de presión en contra del tornillo. La fricción entre el material y el molde hacen que el material se caliente hasta 300° C, temperatura a la cual la lignina se moviliza como un aglutinante.

Una chaqueta de calentamiento alrededor de la boquilla puede facilitar el proceso.

La briqueta de leño largo sale en flujo constante de la boquilla y debe de ser cortada a la medida deseada. El tornillo sufre desgaste y la calidad del material del tornillo repercute sobre su vida útil. En algunos países en vías de desarrollo los extrusores pueden ser fabricados por artesanos locales.

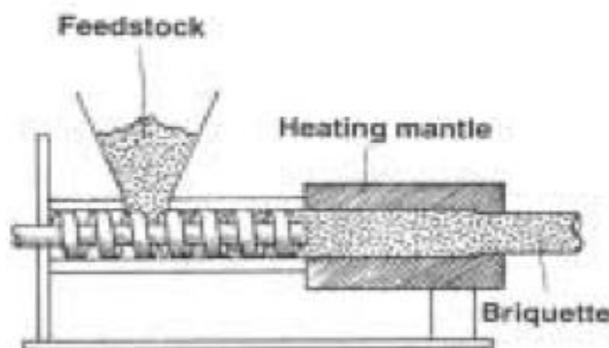


Figura y texto de:

[http://www.gate-international.org/documents/techbriefs/webdocs/pdfs/e019e\\_2003.pdf](http://www.gate-international.org/documents/techbriefs/webdocs/pdfs/e019e_2003.pdf), page 5.

Dependiendo de la forma de la boquilla, el leño resultante es cilíndrico o hexagonal. La briqueta producida típicamente tiene un agujero en el centro por el tornillo (centro hueco). De la torrefacción parcial de la biomasa por tostado a alta temperatura y la movilización de la lignina en la superficie, la briqueta se vuelve oscura y brillante en la superficie. Este tipo de briqueta se está popularizando mucho en áreas urbanas de Asia como Bangladesh.

Fotografía de Robert Heine (2010):

Venta de briquetas a bicicleta en Dacca, Bangladesh



Las briquetas de centro hueco se han utilizado en micro-gasificadoras, pero no hay resultados de pruebas de rendimiento ni se conocen las emisiones. Se espera que tengan un rendimiento un poco mejor que las briquetas compactadas por pistón que se describen a continuación. Se necesitan más pruebas para juzgar el comportamiento de este tipo de combustible en micro-gasificación.

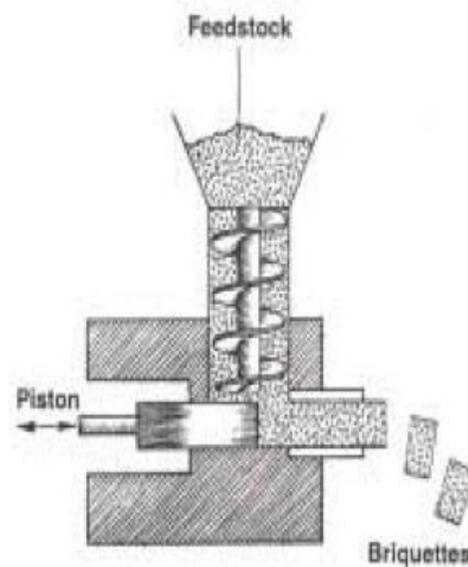
### b) Prensas de Pistón

Un tornillo generalmente vertical transporta la materia prima a una zona de alimentación de la boquilla. Un pistón que se mueve horizontalmente, golpea la materia prima empujándola con alta presión desde la zona de alimentación hacia la boquilla. La prensa puede ser mecánica impulsada por una rueda u operada de manera hidráulica. La briqueta es sólida (sin orificio central) y se desprende naturalmente por una capa menos densa entre cada bloque creado por el impacto del pistón. El producto tiene más bien forma de disco plano. Las prensas hidráulicas son muy pesadas, ya que el peso del aceite hidráulico se suma al peso total.

Para climas tropicales puede ser necesario agregar enfriadores de aceite para prevenir el sobrecalentamiento de la maquina, que también limita su tiempo de funcionamiento, ya que necesitan un descanso de enfriamiento cada par de horas. Las prensas de pistón sufren de menos desgaste que las de tornillo.

Fuente del diagrama:

[http://www.gate-international.org/documents/techbriefs/webdocs/pdfs/e019e\\_2003.pdf](http://www.gate-international.org/documents/techbriefs/webdocs/pdfs/e019e_2003.pdf).



Elaboración de briquetas de aserrín con una prensa hidráulica en la región de Karamoja, Uganda. Fotografía de Christoph Messinger

Conviene seleccionar proveedores de prensas según el continente y la disponibilidad de los servicios de mantenimiento. Los enlaces siguientes dan una selección de fabricantes alemanes de renombre con muy amplia experiencia en equipos hidráulicos para la fabricación de briquetas. Podrían servir como un punto de entrada para obtener una descripción más detallada del producto.

Gross, <http://www.gross-zerkleinerer.de/english/index-english.htm>

Ruf <http://www.rufbrikett.de/herstellung.php>.

Discusiones útiles de los equipos mecánicos versus hidráulicos tanto como para informarse sobre ventajas de pellets comparado con briquetas se puede encontrar en el sitio de un proveedor danés en <http://www.cfnielsen.com/briquetting.php?id=7>.

#### IV. Opciones para peletización<sup>7</sup>

En una prensa o extrusor de pellets, la materia prima se comprime a alta presión entre un rodillo y un molde de acero templado. Una de las partes está en movimiento mientras que la contraparte permanece inmóvil. La materia prima tiene que estar seca (10-16% de humedad) y finamente molido a tamaños más pequeños que el diámetro final de pellet. Los diámetros más comunes de los pellets son de 6 mm (tamaño estándar para alimentar calentadores automáticos en Europa) y 8 mm. Algunos maxi-pellets de 20 mm de diámetro están siendo probados en Alemania para su uso en micro-gasificadoras. No se necesita aglutinante mientras la lignina se disuelva bajo las altas presiones del extrusor. Los pellets salen de la máquina a altas temperaturas y con frecuencia deben dejarse enfriar antes de empacarlas. El rendimiento lo determinan tanto las propiedades de los combustibles, como el tamaño y área total de las boquillas (agujeros) en el molde. Por lo general hay una alta demanda de electricidad y esta aumenta con la producción por hora con la máquina, así como la resistencia de la materia prima. El material de madera rinde menor producción por hora en comparación con material suave, por lo tanto necesita más electricidad por kg de pellets producidos. Los principales tipos de pelletizadora se diferencian por el molde, sea plano o en forma de anillo.

##### a) Extrusores de molde plano

En un extrusor de molde plano común, los rodos se mueven y el molde estacionario es un disco plano de acero templado con un denso arreglo de boquillas normalmente colocado horizontalmente en la máquina, por lo que los pellets caen por gravedad. Ya que el molde es una pieza plana, su diámetro es el factor más determinante para el rendimiento del material. Los extrusores de molde plano rara vez superan los 1.000 kg por hora, de otra manera el diámetro del extrusor se vuelve demasiado grande.

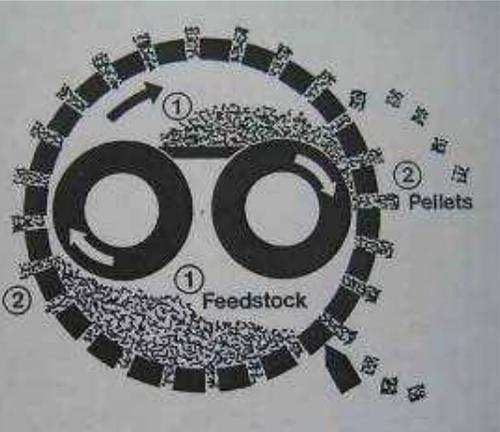
---

<sup>7</sup> Peletización origina de los esfuerzos de producir piensos densificados y homogéneos para ganado. En años recientes es que han surgido los pellets de aserrín de madera como la fuente número de energía limpia renovable de biomasa para calefacción en Europa, y creciendo en auge a nivel mundial.

	
<p>Maxi pellets extruidos a través de agujeros de 20 mm por molde plano a un ritmo de 50-80 kg/h, según el material</p>	<p>Rodos de la Peletizadora de Ecoworxx empujando aserrín a través de los agujeros de un pequeño diámetro de 210 mm de un disco plano</p>

### b) Extrusores de molde anular

En un molde anular, el molde tiene forma de anillo y se mueve contra rodos fijos. Normalmente es utilizado en maquinas mas grandes con salidas mayores a 200 kg por hora. Las prensas de molde anular son generalmente más caras que las prensas pequeñas de molde plano pero pueden lograr mayores rendimientos por hora, ya que hay muchos más agujeros en las paredes exteriores del aro. La mayoría de las plantas de tamaño industrial utilizan extrusores de molde anular.

	
<p>El molde está fijo mientras los rodos giran empujando la materia prima a través de los orificios laterales. Fuente: Reed/Bryant, Densified Biomass p. 9</p>	<p>Extrusor de molde anular de AgriconSA en acción. Fotografía de Christa Roth</p>

La selección de equipo peletizador adecuado depende en gran medida de las especificaciones de la materia prima prevista y la escala prevista de la operación. Poca experiencia se ha reunido hasta ahora, por lo tanto es difícil hacer recomendaciones. Muchos pequeños peletizadores son fabricados en China. La vida útil de los moldes de China aún no se conoce bien, pero se sospecha que será la parte más vulnerable. Los peletizadores a menudo deben combinarse con molinos de martillo u otro equipo reductor para hacer que la materia prima llegue a su tamaño ideal.

Ecoworxx en Alemania comenzó en el 2010 a producir un peletizador todo-en-uno incluyendo picadora [http://www.ecoworxx.de/index\\_en.html](http://www.ecoworxx.de/index_en.html).

La maquina parece prometedora según las pruebas iniciales. Necesita poca electricidad de entrada (3 KWh), pero es trifásica. Algunos fabricantes de EE.UU. también tienen equipo monofásico que funcionan a 220 V por ejemplo, <http://www.pelletpros.com/id68.html> o <http://www.buskirkeng.com/>.

En el continente africano, en la actualidad el único fabricante conocido de equipo peletizador con alimentación auto-regulada (para evitar obstrucciones) es Agricon en Sudáfrica. Esta máquina está diseñada para usuarios menos especializados.

Tienen equipo de molde anular robusto de propósito agrícola y a gran escala. Para mayor información ver <http://www.agricon-pelleting.co.za>

Los pellets de aserrín son más densos que el agua, así que pellets no flotan, sino se hunden antes de deshacerse una vez sumergidas en el agua. Debido a su alta densidad han demostrado ser un combustible ideal para la micro-gasificación. Tienen propiedades de combustión muy homogéneas con mayor rendimiento por volumen. El carbón generado también promete buenas propiedades para usos consecuentes. En una prueba realizada por Christa Roth en Julio del 2010 en un gasificador hecho de latas, 200 gramos de pellets de madera de pino con un diámetro de 6 mm produjeron 55 g de carbón.



El volumen del carbón disminuyó a 50% del volumen inicial de los pellets. Tardó 120 minutos hasta consumirse la columna de combustible de 120 mm de altura. Ver más en <http://www.biochar.bioenergylists.org/content/how-many-sausages-can-you-grill-process-making-30g-biochar>

### 3.5 Resumen de beneficios de combustibles densificados para micro-gasificadoras

	<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
<b>Para el usuario</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Manejo fácil y limpio</li> <li>- Más calor por carga o mayor periodo de cocción con el mismo tamaño y volumen del recipiente</li> <li>- Menos tareas de manipulación</li> <li>- Rendimiento predecible</li> <li>- Propiedades uniformes</li> <li>- Mejor capacidad de almacenamiento (fácil de apilar)</li> <li>- Menos espacio necesario para almacenamiento</li> <li>- Menos humedad</li> <li>- Combustible listo para ser utilizado (como carbón vegetal)</li> <li>- Menos problemas de transporte</li> <li>- Menos costos de transacción</li> <li>- Menos cantidad de insectos en el combustible</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Los combustibles densificados son más caros que el combustible natural</li> </ul>
<b>Para el productor</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Valor agregado al material de residuo de biomasa</li> <li>- Reducción de necesidades de transporte</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Costos iniciales de equipo</li> <li>- Los que recolectan la biomasa para combustible quizás no puedan participar en la cadena de valor (por su estatus socio-económico bajo)</li> </ul>
<b>Para el ambiente</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se puede aprovechar la biomasa demasiado pequeña para uso como combustible tradicional, reduciendo la presión sobre el bosque</li> <li>- Menos incendios espontáneos por montículos de residuos</li> <li>- Manejo de residuos: botaderos no monitoreados se convertirán en minas de combustible, reduciendo emisiones de Metano</li> <li>- Mejor producción de biochar a partir de combustibles densificados.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fertilidad del suelo puede sufrir al no recibir ingreso de materia orgánica usada como combustible. Sin embargo, este efecto se puede remediar agregando biochar y / o ceniza para devolver nutrientes al suelo.</li> </ul>

**Edición y publicado por:**

Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

HERA – Poverty-oriented Basic Energy Services

(Abastecimiento básico de energía orientado a la pobreza)

Dag-Hammarskjöld-Weg 1-5

65760 Eschborn

T +49 6196 79 1361

F +49 6196 79 80 1361

E [hera@giz.de](mailto:hera@giz.de)

I [www.gtz.de/hera](http://www.gtz.de/hera)