

**LA GASIFICACIÓN Y SU IMPACTO POSITIVO CON EL MEDIO AMBIENTE  
MEDIANTE EL APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS SOLIDOS**



**JEFERSON STIVEN RENDON GUTIERREZ**

**DAIRO ANDRÉS LÓPEZ BARRERA**

**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA**

**INGENIERÍA CIVIL**

**PAMPLONA**

**2021**

**LA GASIFICACIÓN Y SU IMPACTO POSITIVO CON EL MEDIO AMBIENTE  
MEDIANTE EL APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS SOLIDOS**



**JEFERSON STIVEN RENDON GUTIERREZ**

**DAIRO ANDRÉS LÓPEZ BARRERA**

**PHD-MANUEL ANTONIO CONTRERAS**

**DIRECTOR**

**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA**

**INGENIERÍA CIVIL**

**PAMPLONA**

**2021**

## ÍNDICE

<b>1. Introducción</b>	7
<b>2. Capítulo I: Contexto General</b>	9
<b>2.1 ¿Qué Es La Biomasa?</b>	9
<b>2.2 ¿Qué Es Gasificación?</b>	12
<b>2.3 Reseña Histórica</b>	15
<b>2.3.1 Internacional</b>	15
<b>2.3.2 Nacional</b>	17
<b>2.3.3 Local</b>	17
<b>3. Capítulo II. Tipos De Gasificadores</b>	19
<b>3.1. Gasificadores De Lecho Fijo</b>	20
<b>3.1.1 Gasificador De Corriente Ascendente</b>	20
<b>3.1.1.1 ¿Cómo funciona?</b>	20
<b>3.1.2 Gasificador De Corriente Descendente</b>	22
<b>3.1.3 Gasificador De Corriente Transversal</b>	24
<b>3.2. Gasificadores De Lecho Fluidizado</b>	24
<b>3.2.1. Gasificador De Lecho Fluidizado Burbujeante</b>	25
<b>3.2.2. Gasificador De Lecho Fluidizado Doble</b>	26

<b>3.2.3 Gasificador De Lecho Fluidizante Circulante</b>	<b>27</b>
<b>3.3. Gasificador De Flujo Arrastrado</b>	<b>28</b>
<b>4. Capítulo III. Usos Del Producto De Gasificación</b>	<b>29</b>
<b>4.1. Motores De Combustión Interna A Gas</b>	<b>31</b>
<b>4.2. Plantas IGCC (Turbinas Y Generadores)</b>	<b>32</b>
<b>4.3. Aplicaciones Del Gas Síntesis</b>	<b>33</b>
<b>5. Capítulo IV. Ventajas Y Desventajas Del Proceso De Gasificación</b>	<b>35</b>
<b>5.1 Ventajas</b>	<b>35</b>
<b>5.2 Desventajas</b>	<b>37</b>
<b>6. Glosario</b>	<b>39</b>
<b>7. Conclusiones</b>	<b>41</b>
<b>8. Bibliografía</b>	<b>43</b>



## Tabla De Ilustraciones

Ilustración 1. Esquema Del Proceso De Gasificación. ....	13
Ilustración 2. Gasificador De Corriente Ascendente. ....	22
Ilustración 3. Gasificador De Corriente Descendente. ....	23
Ilustración 4. Gasificador De Corriente Transversal. ....	24
Ilustración 5. Alzado del conjunto plenum-gasificador-freeboard-sistema de descarga. ....	26
Ilustración 6. Gasificador De Lecho Fluidizado Doble. ....	27
Ilustración 7. Gasificador De Lecho Fluidizante Circulante. ....	28
Ilustración 8. Subproductos de la Gasificación. ....	30
Ilustración 9. Planta Integrada de Gasificación de Ciclo Combinado. ....	33

## Agradecimientos

Primeramente, darle gracias a Dios por permitirme llegar tan lejos en uno de los objetivos que tanto le pedí que me ayudara a cumplir, hoy a tan solo un paso de que sea una realidad.

A cada uno de los docentes de la Universidad de Pamplona que fueron partícipes en el aporte de conocimientos y todas las herramientas necesarias para salir adelante en todo mi proceso educativo.

Agradezco a mi familia, quienes siempre creyeron en mí, me brindaron el apoyo y la motivación que necesité, en especial a mi madre Edilma Barrera y mi padre Mauricio López quienes no me dejaron desfallecer en los momentos de dificultad.

Agradezco a los compañeros con los que realicé equipos de trabajo para apoyarnos mutuamente y salir adelante compartiendo conocimientos y experiencias.

### **DAIRO ANDRÉS LÓPEZ BARRERA**

Gracias a Dios por estar presente en esta etapa de mi vida y por poner en mi camino a las personas correctas que me han ayudado a la ejecución del trabajo de grado.

Al igual y no menos importante el apoyo incondicional que recibí de mi familia en especial el de mi padre Víctor Manuel Rendon Quintero y mi madre Sandra Yaneth Gutiérrez Bonilla que en su lucha por formarme como profesional nunca se rindieron y siempre estuvieron a mi lado dándome animo cuando más lo necesitaba.

### **JEFERSON STIVEN RENDON GUTIERREZ.**

# 1. Introducción



En la actualidad, la mayoría del mundo presenta problemas con el uso o la disposición final de los desechos que se producen a diario (carbón vegetal, petróleo en las industrias o Biomasa), los cuales pueden llegar a ser una molestia debido a que generan malos olores y/o mal aspecto para cualquier sitio.

Con base en los objetivos propuestos por la ONU, que se evidencian a continuación, se establece que estos, están encaminados a la contribución del desarrollo sostenible, resaltando datos mundiales que invitan a la comunidad a emplear mecanismos de generación de energía renovable y aprovechamiento de los diversos recursos para dar respuesta a sus necesidades básicas (Moran, 2019).

En cuanto a la disposición final que se les da generalmente a los residuos, se evidencia que las más comunes y utilizadas son las de los botaderos o rellenos sanitarios, siendo estos, fuentes que atraen plagas, tales como insectos y roedores que pueden producir enfermedades a la población. De igual manera, dichos sitios contaminan el agua superficial y subterránea aledaña, el suelo y el aire. En algunas ocasiones la gente opta por incinerar los mismos, produciendo altos niveles de contaminación para el planeta, lo cual aporta en grandes cantidades y acelera la producción de un gran enemigo letal, conocido como el calentamiento global, generado por medio del CO<sub>2</sub> que se produce con estas técnicas para deshacerse de los desechos. Para la solución a esta gran problemática, la comunidad científica ha inventado y propuesto, un proceso llamado gasificación,

por el cual se obtiene un gas por medio de la conversión de las diversas materias para finalmente usarlo como combustible.

Esta tecnología, se somete a alta temperatura con control de la cantidad de oxígeno.” (Gasificación, 2021) Con esto se puede poner fin a los botaderos y rellenos sanitarios, de igual forma a la quema indiscriminada de los mismos, utilizando los mencionados desechos como materia prima para la obtención de energías limpias y ayudando en grandes cantidades a nuestro planeta, gracias a que este proceso contribuye a la disminución y control de la producción de los contaminantes que lo afectan.

En el presente documento se describe y expone una investigación completa sobre el proceso de gasificación y todo lo que contempla este, resaltando los tipos, factores y demás aspectos relevantes, teniendo en cuenta que ha tenido una gran respuesta e impacto positivo a nivel mundial por ser amigable con el medio ambiente y porque permite disminuir un problema que afecta severamente a las comunidades.

## 2. Capítulo I: Contexto General

### 2.1 ¿Qué Es La Biomasa?

De manera general, la biomasa se considera como una alternativa energética, producida por un mecanismo renovable, caracterizándose por una combustión que reduce la cantidad de emisiones y su contribución para la prevención de incendios y generación de calor y energía para los diferentes espacios que se requieran. Además, se resalta que es heterogénea, esto debido a que trabaja con una gran cantidad de desechos y compuestos volátiles. Estos y muchos más aspectos se mencionan a continuación.

La Directiva (UE) 2001/2018 del Parlamento y del Consejo Europeo, emitida el día 11 de diciembre del año 2018, respectiva a la promoción de la apropiación y utilización de energía producida a partir de técnicas evolutivas definiendo la biomasa como la parte que puede ser biodegradable de productos de origen biológico, es decir, derivados de desperdicios y residuos de procedencia agraria, incluidos materiales de origen vegetal y animal, silvicultura e industrias relacionadas, además de la acuicultura y de aquellos desechos biodegradables.

Por tanto, la biomasa es un material orgánico que se utiliza como insumo principal para producir energía. Dentro de su definición se destaca un gran grupo de sustancias somáticas que se distinguen por su principio natural y su diversidad.

Se puede considerar la biomasa como resultante de un proceso biológico espontáneo o catalítico, siendo una fuente automática. Estos recursos de biomasa se clasifican en grupos de agricultura y

silvicultura. De las aguas residuales y lodos de depuradora se obtiene la materia orgánica y su partición, teniendo en cuenta los demás factores y agentes. (FORSU)

La optimización de la biomasa se puede alcanzar por medio de la ejecución de cuatro técnicas básicas y secuenciales, como lo son la combustión, digestión anaeróbica, gasificación y pirólisis. Estos hacen posible la conversión en electricidad y calor. (Falcon, s.f).

El término biomasa se refiere a todos los materiales orgánicos generados a partir de desechos vegetales y animales que se pueden convertir en energía, así como los desechos de las actividades agrícolas y los desechos de origen forestal de los aserraderos como aserrín, corteza, ramitas, podas y otros materiales utilizables.

Los mejores ejemplos de esta flexibilidad o heterogeneidad energética se derivan de las diferentes formas de biomasa que se utilizan para generar electricidad, especialmente energía térmica y eléctrica. Estos tipos son:

**Biomasa natural:** corresponde a los residuos generados por la naturaleza, sin intervención humana.

**Biomasa residual:** Otros residuos secos como, cáscaras de frutas, aserrín, almendras o huesos de aceituna, e incluso poda de árboles frutales donde se pierden restos orgánicos.

También hay masas húmedas como aguas “negras” o aguas residuales que llegan a zonas urbanas o desechos de comida que se debe eliminar de los supermercados o sitios de venta.

**Biomasa generada o cultivos energéticos:** Aquí, los cultivos se crean a propósito en espacios dedicados a la producción de biomasa, teniendo en cuenta el plan de gestión de los productos y su uso previsto.

Por ejemplo, se utilizan plantas de crecimiento rápido. En el Mediterráneo, se tiende a elegir especies leñosas cultivadas en ciclos cortos o especies herbáceas con protuberancias de cardos (Vaz, 2018).

Además, se hace necesario conocer diferentes aspectos como su proceso, empleabilidad y ventajas que impactan esta forma de emplear la materia y transformarla en energía. Dando énfasis en lo anterior, a continuación, se da respuesta a estos interrogantes.

## PROCESO DE LA BIOMASA

En esta secuencia se emplean calderas de un material resistente a altas temperaturas ya que se somete a una quema gradual, de la que surgen cenizas que se usaran como fertilizante. Se sugiere la instalación de un colector, que cumple la función de almacenar el exceso de calor emitido.

¿Para qué se utiliza?

A nivel industrial se emplea para la producción de electricidad y energía, aunque este sea un poco complejo. De forma tradicional, se instalan calderas o fogones en los hogares, para caldear el agua y proporcionar calefacción al ambiente.

Ventajas

Principalmente llamativa por ser una fuente energética innovadora y renovable además de económica, eficaz y segura, generando bajos niveles de emisiones y que benefician a la conservación de los bosques y a la apropiación de técnicas limpias de reciclaje de diferentes tipos de residuos.

No debemos olvidar que este insumo somático, debe obtenerse de forma moderada y sustentable. (Sostenibilidad para todos, 2019).

## **2.2 Gasificación**

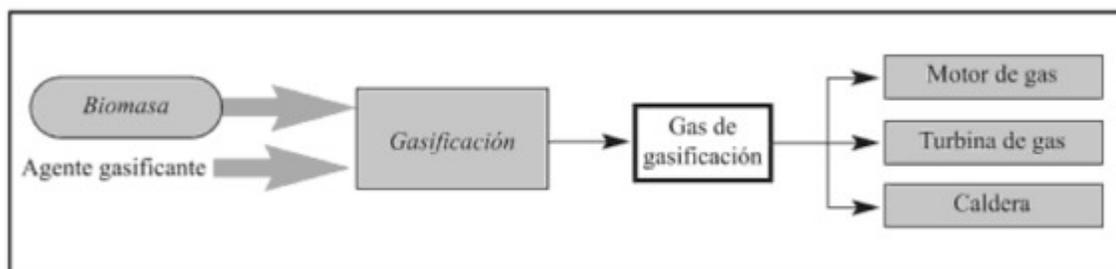
Es un proceso que se produce en un gasificador, en el que una sustancia en estado sólida o líquida se convierte en un gas con presencia calorífica limitada, gracias al efecto cálido de un agente formador de carbono y a proporciones de oxígeno limitados.

Las materias primas que se pueden utilizar en estos procesos, son muy diversas, tales como cultivos o residuos lignocelulósicos, subproductos agrícolas, residuos forestales, e incluso partes orgánicas, siempre que contenga menos del 40% de humedad. Los componentes químicos del gas variarán según el gasificador utilizado (CEUPE, s.f).

Además, el combustible gaseoso producido por la materia prima sólida o líquida puede contener contaminantes como partículas de carbón, cenizas y otros hidrocarburos superiores. La gasificación por lo general ocurre en un gasificador a altas temperaturas, donde un agente como aire, vapor y demás, entran en acción con el elemento base y así obtener gas (De et al., 2017).

Para proporcionar sistemas eficientes para optimizar el manejo de la biomasa, Tecnoled plantea la gasificación como un proceso eficiente de reemplazo de combustible. Dedicada a la ingeniería y la construcción, la empresa vela por que el gas producido sea competitivo (Morini, 2014).

Según el presidente de la compañía Tecnoled , ing. Horacio Pinasco, el sistema que ofrecen varia del procesamiento tradicional, en el que se convierten los combustibles sólidos en gaseosos que se pueden emplear en hornos de gas. Esto amplía la gama de aplicaciones, que las calderas de leña no pueden lograr (Pinasco, 2014).



**Ilustración 1. Esquema Del Proceso De Gasificación.** Fuente: (Igado Gracia, 2013) Tomado de: <https://zaguan.unizar.es/record/10202/files/TAZ-TFM-2013-088.pdf>

La gasificación de biomasa es una técnica del siglo pasado que experimentó un desarrollo significativo antes y durante la Segunda Guerra Mundial. Perdió su importancia después de este suceso, debido al provecho y disponibilidad de estos derivados del petróleo. Esta tecnología ha pasado por muchos altibajos al pasar el tiempo. Hoy, está recuperando su

importancia debido al alza de los precios del petróleo, el incremento de la contaminación ambiental y los problemas causados por la dependencia energética externa.

Esta tecnología contribuye al uso y la transformación de energía descentralizados y a pequeña escala. El gas se genera a partir de un recipiente de forma cilíndrica, llamado reactor o gasificador, donde se da lugar a los procesos termoquímicos a partir de una mezcla de aire y combustible. Para esto, existen tomas iniciales de combustible y aire y como resultado una salida de gas.

El diseño del gasificador está sujeto principalmente al tipo de combustible empelado y su destino, ya sea una adaptación móvil (en tracción) o estacionario (generación de energía). Este sistema de gasificación íntegro, incluye adicionalmente un limpiador de escape y los diversos quemadores.

En este proceso de gasificación el carbono (biomasa) se transforma en gas inflamable mediante la presencia mínima de calor, por medio de una serie de reacciones no intermedias de la temperatura cuántica en presencia de un compuesto gaseoso (oxígeno, vapor y aire). Este es un desarrollo de oxidación parcial, es decir, que se usa menos oxidantes en comparación con la combustión total. Estos gases obtenidos por la combustión, se utilizan para generar energía mecánica, eléctrica o térmica. Los gases de la conversión de desechos orgánicos en gas incluyen monóxido de carbono, hidrógeno, metano y otros más de tipo inerte (Energía12, 2012).

La gasificación es un proceso diferente a la pirolisis que se realiza para la obtención del gas y se puede definir como la disgregación térmica de una sustancia en ausencia de oxígeno. A través

de una secuencia de reacciones químicas y procesos de transferencia de calor y masa ocurre dicha descomposición. Este proceso, le ocurre previamente a la gasificación y combustión. Podemos suponer que empieza aproximadamente 250 ° C y prácticamente se completa a 500 ° C, aproximadamente (Energia12, 2012).

Para llevar a cabo la elección del proceso gasificador, se tendrá en cuenta la validación de diversos factores como el la forma, tamaño y características del residuo, las restricciones económicas y el aprovechamiento energético del gas. Si el contenido de humedad de cualquier tipo de biomasa es inferior al 35%, ésta puede ser gasificada.

El gas procesado es más versátil que la biomasa inédita y puede utilizarse para los mismos fines que el gas natural. Genera menos contaminantes a la atmósfera durante su uso porque es un combustible relativamente libre de impurezas.

El uso energético de este gas se utiliza en las áreas siguientes: turbina de gas, motor de combustión interna, pila de combustible, generadores térmicos, turbina de vapor, etc (Energia12, 2012).

## **2.3 Reseña Histórica**

### ***2.3.1 Internacional***

La técnica de gasificación para la producción de carboquímicos está totalmente probada. Durante varias décadas se han utilizado tres familias de gases: De lecho fijo, fluidizado y de arrastre. El tipo Lurgi es el más utilizado por la mayoría de los gasificadores comerciales (en realidad es una fase sólida, siendo realmente un lecho móvil), desarrollado en Alemania en la década de 1930, partiendo de allí, éste, se ha usado en grandes producciones de gas de síntesis,

suministrando plantas productoras de amoniaco y, en menor medida, metanol, mediante el proceso de hidrogenación. El gas del gasificador se compone principalmente de monóxido de carbono e hidrógeno, que se producen cuando se hace reaccionar una corriente ascendente de aire con el carbono y vapor de agua.

La atención se centra en la gasificación en Sudáfrica, donde se han instalado 97 unidades en SASOL I, II y III. Allí, por cada año son consumidas 37 millones de toneladas de carbón. En Pekín, China hay 4 y 18 en el complejo Greats Plains ubicado en los Estados Unidos. De igual forma, existen gasificadores tipo Lurgi que fueron diseñados por Rusia u otros países de la antigua Europa del Este como China, Alemania y la antigua Yugoslavia (Lorente, s.f, p 12).

Los demás gasificadores en abundancia son los gasificadores de arrastre, Heinrich Koppers GmbH desarrolló un proceso llamado Koppers-Totzek (KT), en Essen, Alemania. En 1949 se construyó la primera planta comercial, desde ese momento se han instalado otros 50 gasificadores, de los cuales 26 estaban operando en 1993. Se utilizan para procesar muchos tipos de carbón, desde carbón bituminoso hasta antracita. Texaco también forma parte de esta familia de lechos de arrastre, que tiene unidades en Alemania, Japón y Estados Unidos, que se utilizan para producir gas de síntesis para la producción de carboquímicos. Actualmente, Texaco tiene aproximadamente 70 plantas en operación.

En la actualidad, los gasificadores de lecho fluidizado son extraños. Hay alrededor de 70 trabajando, pero en su mayoría han dejado de ser utilizados. Los reactores de lecho fluidizado de burbujeo, que operan a presión atmosférica, el de tipo Winkler, son superados por Lurgi y Koppers-Tozek. Sin embargo, en Alemania, Reinische Braunkolenwerke AG (RHEINBRAUN) mejoró el

proceso de Winkler original y lo ajustó para producir energía, convirtiéndolo para operar como lecho circulante de acuerdo con la presión de hasta 3 MPa. (Lorente, s.f, p 12).

### ***2.3.2 Nacional***

Para los científicos, es claro que Colombia debe convertirse en un centro fuerte en el campo de las energías renovables, particularmente en la producción de biocombustibles, en la cual se proyectan a alcanzar entre el 2% y el 3% del mercado global. La utilización de la biomasa es una forma de obtener esta energía, la cual se adquiere a partir de desechos agroindustriales y mediante la aplicación de diversas tecnologías se puede convertir en energía eléctrica, por ciclos orgánicos, ranquinorgánicos, mecánicamente o por gasificación general del carbón. De esta forma, Colombia produce electricidad y biocombustibles. “El país está en mora de que nosotros le empecemos a dar valor agregado a nuestra biomasa”, opinó Farid Shegen Janneh, Director del Grupo de Conferencias en el Departamento de Minas y Energía de la Universidad Nacional (Janna, 2010).

### ***2.3.3 Local***

La gasificación es una innovación a la que se refiere Chejne Janna. “Creo que será una de las tecnologías más nuevas en el futuro, porque gracias a ella la gente puede producir combustibles, gas, fertilizantes y nuevos productos como carbón e incluso metano, y se puede utilizar para generar electricidad”, dijo. La Universidad Nacional de Colombia ha liderado una serie de proyectos relacionados con la gasificación. Por ejemplo, Nueva Pampa, una aldea del municipio de Necoclí, fue el primer lugar del país donde la madera proporcionaba energía. Un gasificador hindú se instaló allá para convertir biomasa, en este caso madera, en energía eléctrica. Este es un proyecto del Instituto de Planificación y Fortalecimiento de Soluciones Energéticas para Regiones

Desconectadas (IPSE). En 2008, el director general de Industria y Comercio otorgó a las Universidades Nacionales, la Pontificia Universidad Bolivariana y Antioquía una patente por un dispositivo a gas que consume menos carbón y reduce las emisiones de azufre para el proceso productivo. La primera empresa en lanzarla fue Ladrillera San Cristóbal, que utilizó esta innovación principalmente con todas las características de la universidad en los ladrillos secos de la fachada (Ambientalex.info, 2010).

### 3. Capítulo II. Tipos De Gasificadores

“La gasificación es un proceso bastante complejo en el cual se realizan procesos químicos y físicos dentro del gasificador, donde existen diferentes tipos de gasificadores los cuales tienen sus ventajas y desventajas, como lo son” (De et al., 2017).

Antes de especificar los tipos de gasificadores, es necesario hablar y aclarar sobre lo que es un gasificador y las condiciones que ejecuta para llevar a cabo la gasificación.

Un gasificador es esencialmente un reactor termoquímico donde ocurren muchos procesos físicos y químicos complejos. En este caso, la biomasa y los residuos pétreos se secan, calientan, pirolizan, oxidan parcialmente y reducen en este reactor a su paso.

En un gasificador tienen lugar cuatro procesos diferentes: secado del combustible, pirólisis (descomposición química de materia orgánica y todo tipo de sustancias, resultante del calentamiento a altas temperaturas en ausencia de oxígeno), combustión y reducción (AGVE, 2012).

Es decir, que estos equipos, permiten la transformación de estos residuos que inicialmente se tienen como materia prima, y se convierten en gas, gracias a los diferentes procesos que allí intervienen, como lo son los agentes oxidantes como oxígeno y aire o la combinación de estos, o aquellos de ignición como gas propano y demás que permiten efectuar la reacción. De esta forma, el gas formado se obtiene como un producto final que se puede utilizar para producir calor, electricidad y otras actividades diarias importantes.

Existe una variedad de gasificadores a nivel macro y micro que poseen unas características específicas y que se ajustan a las diferentes necesidades, estos se describen a continuación:

### **3.1. Gasificadores De Lecho Fijo**

Existen tres tipos principales de gasificadores, de lecho fijo o móvil: gasificador de corriente ascendente, gasificador de corriente descendente y gasificador de corriente transversal. Además, estos, se aplican a pequeñas escalas de hasta 10 MW. Por lo tanto, los gasificadores de lecho fijo se utilizan principalmente para la generación de energía descentralizada utilizando biomasa (De et al., 2017).

#### ***3.1.1 Gasificador De Corriente Ascendente***

Con la conversión de biomasa estos gasificadores tienen la capacidad de producir un gas con bajo contenido de impurezas, más adecuado para la generación de energía para motores de combustión interna (ONU, et al., s.f).

##### ***3.1.1.1 ¿Cómo funciona?***

La operación de este gasificador de acuerdo con las organizaciones agrícolas y de alimentos de las Naciones Unidas es:

1. La biomasa se coloca desde la parte superior a través de la puerta con juntas selladas y el aire se sopla por los laterales.
2. Como parte de la biomasa se quema, el calor en el área superior del dispositivo seca la carga y elimina la humedad.

3. En el área central, debido al calor y la falta de O<sub>2</sub>, la biomasa comienza a pirolizar, creando vapor y alquitranes.

4. Dependiendo del período de existencia permanente, se generan otros gases a partir del aire transmitido. En esta etapa, la materia prima se vuelve volátil y el tamaño de la partícula se reduce, creando un zoom de biomasa en la zona baja y alta temperatura.

5. En el área inferior, se agrega el craqueo de los alquitranes al gas para producir flujo de gas inflamable y exceso de carbono. (ONU para la Alimentación y la Agricultura et al., S.F).

Organizaciones agrícolas y alimentarias de EE. UU indica que:

las ventajas relevantes de este tipo de gasificación forman su facilidad, una gran cantidad de quema de carbón y de intercambio de agentes caloríficos que agudizan las bajas temperaturas de producción de gas y fortalece el rendimiento del equipo, así como la capacidad de trabajar con diferentes cargas como (aserrín, cáscara de cereales, etc.).

Las principales desventajas en la capacidad del equipo son la creación de "chimeneas", que pueden generar expulsión de oxígeno y probabilidades de incendio y explosión, surgiendo con esto, la necesidad de emplear redes automáticas, así como los problemas asociados con la eliminación del condensador que contiene alquitrán como resultado del aire activo. Este es simplemente sometido a máximas temperaturas. (Organización de la Agricultura y la Agricultura de las NU en 1993).

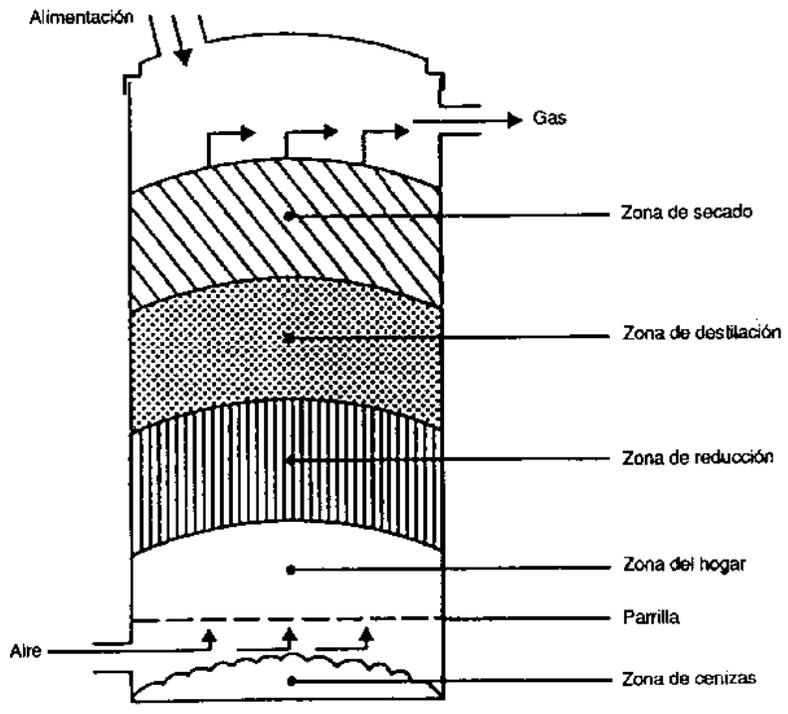


Ilustración 2. Gasificador De Corriente Ascendente. Fuente: (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1993) Tomado de: <https://www.fao.org/3/T0512S/t0512s03.htm#2.3.1.%20gasificador%20de%20corriente%20ascendente%20o%20tiro%20directo>

### 3.1.2 Gasificador De Corriente Descendente

Este dispositivo de conversión divide las zonas de combustión, reducción y pirólisis. El aire pasa por la parte inferior del gasificador y se eleva contra él. El gas producido por este proceso es recibido a una temperatura relativamente baja. La desventaja de esta técnica, es el alto contenido de desperdicio e impurezas y una suficiencia máxima que proporciona y, por lo tanto, la incapacidad de producir gas de forma continua, lo que conduce a dificultades en el uso de motores (Estrada & Meneses, 2004).

Las principales ventajas de estos gasificadores es que produce un gas casi limpio sin residuos, además requiere de una limpieza mínima de alquitrán y es un proceso sencillo y de bajo costo. (De et al., 2017)

La principal debilidad de estos equipos es la imposibilidad de trabajar con algunos combustibles crudos como materiales de baja densidad que afectan directamente a la caída excesiva de presión, y los combustibles sólidos deben granularse antes de su uso (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1993,).

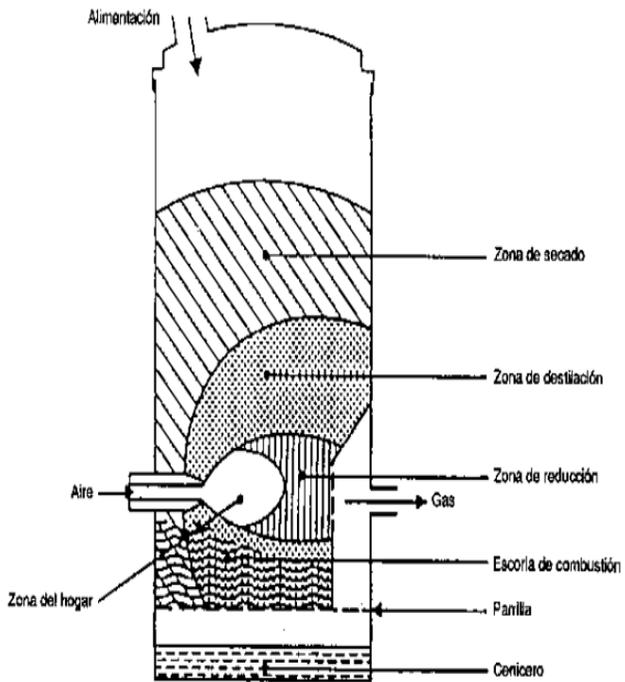


Ilustración 3. Gasificador Descendente De Corriente. Fuente: (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1993). Tomado de: <https://www.fao.org/3/T0512S/t0512s03.htm#2.3.1.%20gasificador%20de%20corriente%20ascendente%20o%20tiro%20directo>

### 3.1.3 Gasificador De Corriente Transversal

Este gasificador se puede manejar a pequeña escala, la forma de limpieza del gas es menor y la capacidad de seguimiento de carga es bastante buena debido a la zona concentrada de alta temperatura con una temperatura de hasta 2000 ° C (De et al., 2017 ).

Una desventaja de los gasificadores de flujo transversal o de tiro es que su conversión en alquitrán es mínima y requiere carbón de alta calidad (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1993).

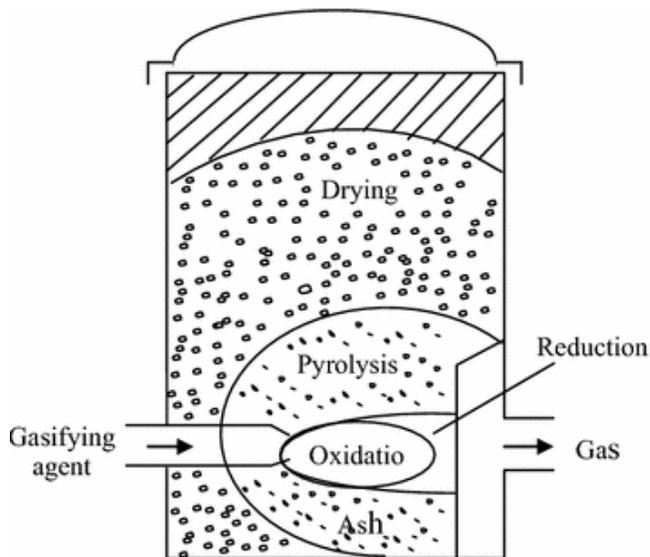


Ilustración 4. Gasificador De Corriente Transversal. Fuente: (De et al., 2017). Tomado de: [https://link-springer-com.unipamplona.basesdedatosezproxy.com/chapter/10.1007/978-981-10-7335-9\\_3](https://link-springer-com.unipamplona.basesdedatosezproxy.com/chapter/10.1007/978-981-10-7335-9_3)

### 3.2. Gasificadores De Lecho Fluidizado

La fluidización es una operación mediante la cual un lecho de partículas sólidas se transforma en un estado similar a un fluido mediante la aplicación de gas. El sistema de lecho fluidizado requiere

que la materia prima se muele finamente en partículas pequeñas, y los gases gasificantes / fluidizantes se introducen a través de una placa distribuidora cerca del fondo del reactor. (De et al., 2017).

De estos gasificadores existen 4 tipos como son los de lecho fluidizado burbujeante, por inyección, de lecho fluidizado circulante y doble.

### ***3.2.1. Gasificador De Lecho Fluidizado Burbujeante***

Este tipo de gasificante se basa en un reactor que está compuesto en material de acero inoxidable fraccionado y formado por:

- Caja de vientos
- El freeboard
- Lecho fluidificado

Al reactor lo rodea un horno eléctrico de 45 kWe, el cual, para compensar la pérdida de calor durante el funcionamiento simulado del vástago y el precalentamiento para el funcionamiento en el arranque. La capacidad del horno se distribuye de la siguiente manera:

Se asignan 21 kWe para el lecho, para el freeboard inferior 12 kWe y otros 12 kWe para la parte superior de este. Estas potencias están controladas por tres lazos de regulación PID (Naranjo, 2009).

El gasificador de lecho fluidizado burbujeante tiene la ventaja de que las partículas actúan como un líquido que permite un fácil control del proceso, una mezcla homogénea de sólidos que da como resultado una inactividad térmica que controla variaciones ilimitadas de temperatura y valida un amplio margen de seguridad en la disminución de calor en procesos exotérmicos altos, a su vez también se presentan valores de transferencia Muy altos (Duran Garcia, 2014).

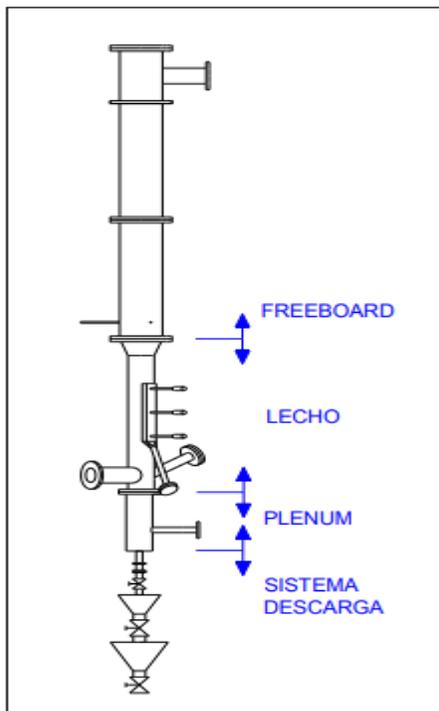
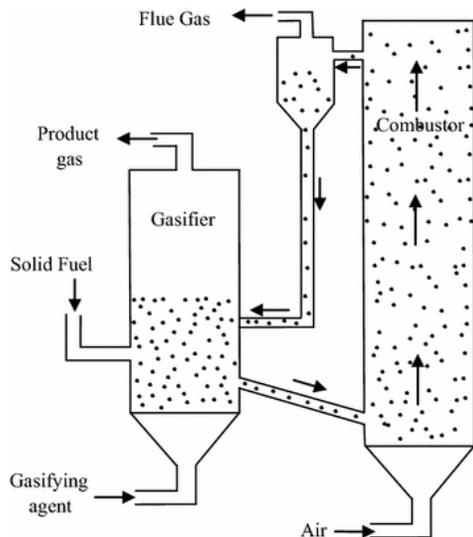


Ilustración 5. Alzado del conjunto plenum-gasificador-freeboard-sistema de descarga. Fuente: (Naranjo, 2009) Tomado de: [https://grupo.us.es/bioenergia/pdf/tesis/MCN\\_Thesiswork.pdf](https://grupo.us.es/bioenergia/pdf/tesis/MCN_Thesiswork.pdf)

### 3.2.2. Gasificador De Lecho Fluidizado Doble

La ventaja de este, es su capacidad para separar el gasificador de la zona de combustión por medio de dos reactores de lecho fluidizado burbujeante (LFB). El vapor se utiliza como agente de gasificación para el proceso. El calor generado en este proceso se entrega al gasificador a través del lecho, y es así como se obtiene un gas puro con alto poder calorífico. (Igado Gracia, 2013).



**Ilustración 6. Gasificador De Lecho Fluidizado Doble.** Fuente: (De et al., 2017) Tomado de: [https://link-springer-com.unipamplona.basesdedatosezproxy.com/chapter/10.1007/978-981-10-7335-9\\_3](https://link-springer-com.unipamplona.basesdedatosezproxy.com/chapter/10.1007/978-981-10-7335-9_3)

### 3.2.3 Gasificador De Lecho Fluidizante Circulante

El proceso de gasificación es complejo con dos reactores acoplados, por lo cual se presentan dificultades de escalado y altos costos. El gas que se obtiene contiene alto poder calorífico aun usando aire sin requerimiento de oxígeno. En los gases generados por la combustión hay mayor contenido de metano por la baja temperatura del lecho. (Londoño et al., 2017).

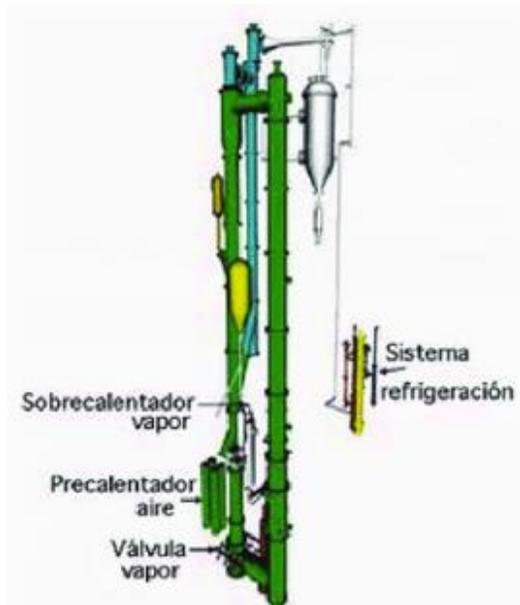


Ilustración 7. Gasificador De Lecho Fluidizante Circulante. Fuente: (Londoño et al., 2017) Tomado de: [https://www.researchgate.net/figure/Figura-214-Gasificador-de-lecho-fluidizado-circulante-KBR-Tomado-de-181-BULLET\\_fig15\\_317730081](https://www.researchgate.net/figure/Figura-214-Gasificador-de-lecho-fluidizado-circulante-KBR-Tomado-de-181-BULLET_fig15_317730081)

### 3.3. Gasificador De Flujo Arrastrado

Se pueden usar oxígeno o aire como agente gasificante, pero la mayoría de las plantas comerciales usan oxígeno como agente gasificante. Aquí, la velocidad del agente gasificante es incluso mayor que en el gasificador de lecho fluidizado circulante. Las pequeñas partículas de combustible son arrastradas por el agente gasificante y fluyen a través del gasificador en una densa nube. (De et al., 2017).

Como estos tipos de gasificadores, existen muchos más en la industria que suplen su trabajo de acuerdo con la necesidad, hay diversos usos para la energía que producen tales procesos,

empleando desde el funcionamiento de algunos tipos de motores hasta la producción de energía para una vivienda por medio de turbinas o algún otro tipo de generador.

#### **4. Capítulo III. Usos Del Producto De Gasificación**

En la gasificación se puede obtener un gas limpio, el cual, al ser utilizado en otros procesos podría realizar la generación de tres principales subproductos, contribuyendo con el bienestar del medio ambiente, los subproductos anteriormente mencionados son:

- ≠ Calor.
- ≠ Electricidad.
- ≠ Combustible.

el gas producido en esta transformación de biomasa es utilizado en las áreas anteriormente mencionadas para el funcionamiento de turbinas, motores, calderas, hornos y en varios campos aparte que logran satisfacer la demanda de energía, cabe resaltar que para el funcionamiento de estos elementos es necesario la modificación de ellos ya que el producto de la gasificación no logra dar el rendimiento al 100%, si no que disminuye por lo que es un gas pobre.



**Ilustración 8. Subproductos de la Gasificación.** Fuente: (OSTARGI, s.f) Tomado de: <https://ostargi.biz/otros/gasificacion-de-biomasa/>

Este gas producto contiene residuos que por lo general son alquitrán, segmentos de cenizas, carbón entre otros desperdicios procedentes del proceso de gasificación y estos deben ser eliminados en su totalidad para dar un buen uso de este gas y así evitar el mal funcionamiento del gas, además compuestos de metales alcalinos, compuestos de nitrógeno ( $\text{NH}_3$ ,  $\text{HCN}$ ), compuestos de azufre (por ejemplo,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{COS}$ ), compuestos halogenados (por ejemplo  $\text{HCl}$ ) y compuestos de metales pesados ( $\text{Cd}$ ,  $\text{Zn}$  y  $\text{Hg}$ , sobre todo cuando se aplica residuos de madera) (OSTARGI, s.f).

Dependiendo del uso del gas de síntesis se utiliza el tipo de gasificador que se requiera e igualmente el agente oxidante que pueden ser, el vapor de agua, el aire, el oxígeno, el dióxido de carbono y también se puede realizar una mezcla de alguno de ellos, cada uno de estos agentes oxidantes proporcionan unas características diferentes como lo son:

Un gas de mala calidad en términos de poder calorífico se obtiene con aire debido a la baja densidad. (4-7 MJms-3)

Con oxígeno se produce gas de mejor calidad (10-18 MJms-3), pero genera altos costos de producción y presenta una gran variedad de riesgos en esta tecnología.

Con vapor de agua como medio de gasificante, el gas resultante que se produce una calidad similar que el gas producido con oxígeno; Además, evita el aumento de los costes de producción y los riesgos operativos, que son de tres a cinco veces más rápidos que la gasificación con dióxido de carbono (Ramírez Rubio et al., 2011).

#### **4.1. Motores De Combustión Interna A Gas**

Para saber cuál es la compatibilidad y funcionamiento de estos motores con el gas de síntesis producido por la gasificación se realizan estudios que determinan que en la utilización de biomasa se hará con madera y en un gasificador downdraft, además con un agente oxidante que será el aire ya que proporciona las propiedades específicas correctas para el funcionamiento de estos motores para la generación de la energía eléctrica.

Comparando el gas natural con el de síntesis se obtiene que las propiedades son inferiores, aun así, de una forma satisfactoria se puede operar en estos motores de combustión interna.

Con esto se obtiene una menor potencia del motor en comparación con los combustibles convencionales, siendo proporcional a la baja de la densidad de energía. Existe una disminución del 42% (40 kW) respecto al diésel (90,2 kW) para el caso del motor Leyland P76. (Lesme Jaén et al., 2016).

El gas pobre puede hacer funcionar los motores que trabajen a base de diesel aunque se requieren algunos ajustes. (Lesme Jaén et al., 2016).

## 4.2. Plantas IGCC (Turbinas Y Generadores)

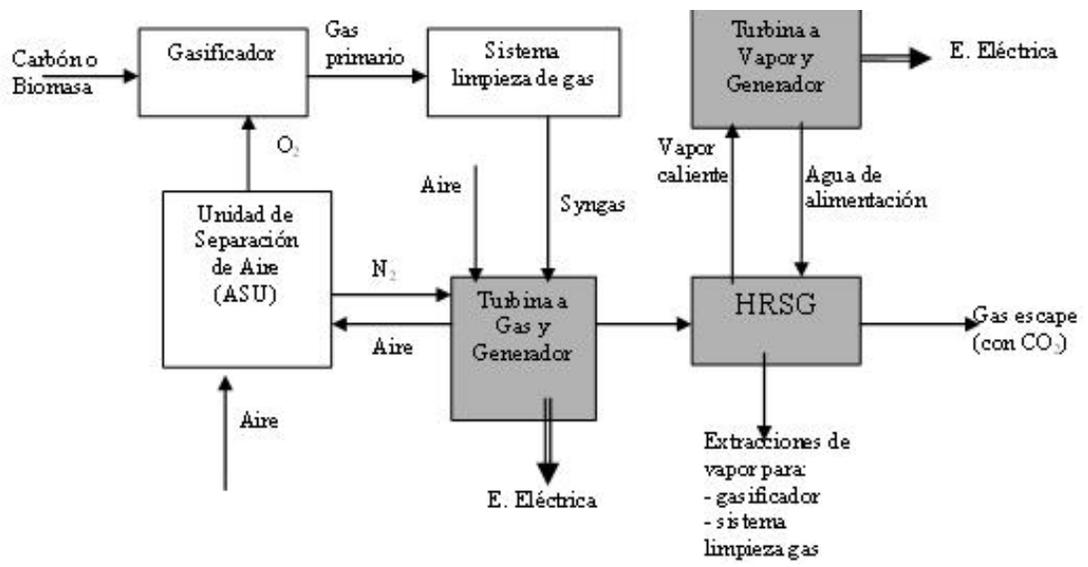
Las turbinas y generadores que se utilizan para producir energía eléctrica en las plantas de gasificación de ciclo combinado integradas son alimentadas por gas de síntesis generado a partir de materias primas, en este caso carbón.

Se da la conversión del carbón a gas, a través de la presencia de máximos niveles de temperatura en un gasificador, el obtenido, se enfría y se manipula para llevar a cabo una separación entre cenizas, impurezas y contaminantes.

La calidad resultante del gas de síntesis va relacionada directamente con las variables de temperatura y presión principalmente. De la misma forma, depende del control y equilibrio producidos de los factores de gasificación (aire u oxígeno y vapor).

El gas de síntesis viaja y llega finalmente a la turbina en su etapa inicial. El aire calentado del horno se utiliza para generar vapor en la unidad de recuperación de calor del generador de vapor y este se emplea para la alimentación de la turbina de vapor. Este se extrae del sistema de limpieza de gases y de la unidad de recuperación gasificante.

Uno de los principales componentes de la planta de gasificación es el separador de aire (ASU), el cual proporciona oxígeno a este proceso tecnológico, mejorando así su productividad. (Concha A. et al., 2009).



**Ilustración 9. Planta Integrada de Gasificación de Ciclo Combinado. Fuente: (Concha A. et al., 2009) Tomado de: [https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-33052009000300008](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-33052009000300008)**

Con algunos estudios realizados en varios artículos científicos se obtiene la conclusión de que implementar esta tecnología de utilización de energía eléctrica a base de la transformación del carbón por el proceso de gasificación es que es un megaproyecto que demanda un poder monetario bastante grande y poco rentable debido al valor comercial del carbón por tonelada lo que daría un valor de gas de síntesis más elevado que el gas natural.

### 4.3. Aplicaciones Del Gas Síntesis

Este producto también llamado syngas tiene muchas aplicaciones en diferentes áreas y funciona de una muy buena manera supliendo otros tipos de combustibles como los diferentes gases existentes, algunos de estos usos son:

- **Energía eléctrica y térmica:** un motor de combustión o una turbina de vapor puede funcionar con gas de síntesis como combustible para generar energía termoeléctrica para su uso en diversos fines domésticos o industriales.
- **(Gas Renovable), basado en gas natural sintético:** es obtenido de la fermentación del gas de síntesis y a las grandes empresas gasificadoras del mundo se les está haciendo una prioridad contribuir con los requisitos impuestos por la legislación actual como lo es según (la ONU) “con sus objetivos de desarrollo sostenible en los que señalan que se debe incluir más la comercialización de gas renovable proveniente de proyectos asociados a la reutilización de desechos” (Gamez, 2019).
- **Hidrocarburos líquidos y sólidos:** los biocombustibles son generados a través de un proceso químico que se le realiza al syngas como lo es el Fischer-Tropsch, donde se obtienen estos hidrocarburos.
- **Metanol:** Es obtenido a partir de gas de síntesis y mediante un proceso térmico y químico convencional a través de un reactor con una cantidad específica de presión y temperatura y un regulador acelerante llamado catalizador. Es un producto vital para la industria química, así como para otras como la de energía y combustibles del mañana. En la producción química, con el metanol, entre otros, se pueden obtener etileno, ácido acético, formaldehído, dimetil éter o poliolefinas. La demanda mundial actual del metanol es de 70 mil millones de toneladas. Actualmente, casi todo este componente, se obtiene a partir de gas natural, por medio de técnicas de conversión y catálisis. Sin embargo, el uso de biomasa (un recurso renovable) y otras materias primas residuales para producir gas de síntesis y convertirlo en metanol se está desarrollando e implementando con gran interés y como una práctica innovadora y amigable con el ambiente. (Greene, 2018).

## 5. Capítulo IV. Ventajas Y Desventajas Del Proceso De Gasificación

### 5.1 Ventajas

Según (Sener, 2016) las ventajas que tiene la gasificación son:

- Mayor versatilidad: el gas de síntesis se puede utilizar de muchas formas y en diversas aplicaciones.
- Altos índices de eficacia.
- El tratamiento previo de los residuos domésticos es un requisito seguido de la gestión jerárquica de estos desechos.
- Reducción en las emisiones, gracias a que se utiliza menos cantidad de aire.
- Adaptable a reducidos tamaños de plantas.
- Estandarización e internacionalización (Sener, 2016).

Según (AGRO WASTE, s.f) las ventajas derivadas de esta tecnología son las siguientes:

- Su uso no provoca efecto invernadero.
- No produce contaminantes de azufre o nitrógeno y muy pocas partículas sólidas.
- Aprovechamiento de residuos, gracias a su reutilización.
- Puede considerarse como una alternativa económica para los diversos sectores, ya que se disminuyen costos con la reutilización de desechos.
- Reducir la dependencia de los suministros carburantes.
- El gas que se obtiene, se puede almacenar fácilmente.

- Flexibilidad en la recuperación de residuos y sus derivados, ya que su energía se puede convertir en electricidad, calor o como gas de captura para la producción de químicos.
- El gas que se obtiene puede ser similar al natural.
- Dependiendo de la forma de recuperar residuos, se logra un óptimo rendimiento eléctrico (AGRO WASTE, s.f).

Además, el producto de este proceso de gasificación da algunas ventajas como:

- El reemplazo inmediato de combustibles con alta carga de contaminación, lo que se traduce en reducciones significativas de las emisiones de gases, ayudando a conseguir mejoras ambientales, e incluso sirviendo como tanque de almacenamiento.
- Cooperar a la economía circular gracias a que fortalece la gestión ambiental y la utiliza como materia prima para la producción y obtención de energía (SEDIGAS, S.f.).
- Establece una secuencia lógica y productiva, que está en constante mejora en pro de contribuir al medio ambiente.

## 5.2 Desventajas

El principal obstáculo para la introducción de biocombustibles en el nicho de mercado son sus altos costos comparándolos con los de motor resultante del petróleo no gravados, aunque los combustibles sintéticos tienen una mayor pureza y calidad y se pueden adaptar para mecanismos de combustión innovadores (El Proceso De Gasificación De Bioslurry Bioliq Para La Producción De Biocombustibles, Químicos Orgánicos Y Energía. 2012).

Según (AGRO WASTE, s.f) las desventajas del proceso de gasificación son:

- Su costo de producción es superior al de los combustibles fósiles.
- Baja eficiencia energética de los biocombustibles con respecto a los fósiles.
- para un buen rendimiento, es necesario la utilización de un combustible de calidad que cumple unas especificaciones.
- Es de vital importancia que el sistema este debidamente cerrado y controlado para que no se presenten fugas y escapes que produzcan accidentes explosivos.
- Mayores costos de almacenamiento debido a una menor cantidad de materias primas y carburantes a utilizar.
- Se deben adaptar y moldear las materias primas para su uso. (AGRO WASTE, s.f).

Las desventajas, ligadas al proceso de los diversos tipos de gasificadores son:

- Los desafíos económicos y técnicos que presentan estos proyectos son los de la generación de gases contaminantes, bajos ingresos y una energía poco potencial.
- Presencia de altas cantidades hidrocarburos y gases sucios.
- Es de suma importancia, implementar un sistema o técnica de limpieza para poder utilizar una turbina de gas.
- El tamaño de las diferentes partículas incluidas en el proceso, no deben ser muy pequeñas, ya que el sistema no las admite.
- Presencia mínima de variables solidas.
- Obligatoria purificación continua del gas.
- Dificultad en la desvinculación y arranque.
- Alta presencia de alquitrán por el manejo de extremas temperaturas (Escarda Amo, 2017).

## 6. Glosario

**BIODEGRADABLE:** Un producto o envase es biodegradable cuando tiene la propiedad de degradarse bajo la influencia de microorganismos naturales, como hongos, bacterias y algas, y convertirse en una unidad de dióxido de carbono, agua y biomasa (Solé, 2019).

**RSU:** Residuos Sólidos Urbanos. “Se trata de residuos que se encuentran a diario en hogares, empresas, oficinas y servicios, y también se incluyen los residuos de actividades industriales y hospitalarias. Esto significa todos los residuos generados en una ciudad o pueblo”.

En los residuos sólidos urbanos, vemos que los residuos domésticos son en realidad los que se producen a diario en los hogares, como residuos de alimentos, envases, papel, botellas de plástico, cenizas, papel, etc. La mayoría de estos materiales son reciclables, pero terminan en vertederos o basureros (REZAGOS, s.f).

**GLP:** Gas Licuado del Petróleo (GASNOVA, s.f).

**MMBTU:** Unidad térmica británica. Sus siglas significan 1 millón de Btu (MM Btu) (IAPG, s.f).

**GNL:** Gas Natural Licuado (IAPG, s.f).

**MW:** Unidad de potencia, la cual equivale a un millón de vatios (Blog Pepeenergy, s.f).

**ALQUITRÁN:** El alquitrán es un betún, aceitoso y oscuro, de fuerte olor a petróleo, que actúa como conservante, recomendado para el procesamiento de maderas duras, utilizado

en la construcción de mercancías, cercas y cercas. También se utiliza como aislamiento de tejados (Química Universal, s.f).

**kWe:** “Es una unidad de energía que representa kilovatios, el subíndice (e) se utiliza para indicar la capacidad de generación de electricidad” (ELREN, 2008).

**PID:** Este es un aparato que da el acceso para controlar un sistema de circuito cerrado para lograr el estado de salida deseado. El controlador PID consta de tres componentes que proporcionan una acción relativa, integradora y derivada. (Pardo, s.f).

**Volátil:** En el campo fisicoquímico, una sustancia que tiende a convertirse en vapor, cambiando su estado, se clasifica como volátil. En otras palabras, los elementos volátiles tienden a evaporarse (Definicion.de, s.f).

**HRSG:** En inglés (Heat Recovery Steam Generator). Esto significa Generador de vapor por recuperación (RENOVETEC, s.f).

## 7. Conclusiones

- Los combustibles generados por medio de la gasificación son una gran opción para reducir en grandes cantidades la contaminación en el planeta, gracias a la materia prima que se emplea para estos procesos es o son los desechos con los que muchas veces no sabemos qué hacer y terminamos contaminando por medio de prácticas poco ortodoxas.
- Se puede decir que la gasificación es un proceso que va en aumento, por su alta efectividad en el ámbito de generar energías limpias mediante procesos amigables con el medio ambiente.
- Los procesos de gasificación pueden ser una muy buena opción para llevar energía a zonas donde es complicado el acceso de las redes ya existentes de electricidad. haciendo uso de turbinas y los residuos que allí se produzcan. Eliminando posibles problemas de disposición final de residuos.
- La selección del método para efectuar el proceso de gasificación va a depender de diferentes aspectos como el tipo de residuo que sea, sus características físicas como forma, tamaño y demás aspectos, pero el principal hace referencia al aprovechamiento y empleabilidad de la energía del gas que se vaya a obtener finalmente. Esto se facilita gracias a que se cuenta con diferentes tipos de gasificadores que se ajustan a esas necesidades específicas.
- Como grandes beneficios de la gasificación, se resalta principalmente que es una tecnología eficiente, innovadora. limpia y sobre todo amigable con el medio ambiente, debido a que permite dar un tratamiento a aquellos residuos que generan emisiones, lo que se traduce en una contaminación inevitable y severa.

- Con el pasar del tiempo, esta metodología ha causado un gran impacto ambiental positivo y por ende un gran recibimiento, debido a que permite convertir diferentes residuos que inicialmente son desechados y con esto aprovecharlos para producir finalmente una fuente de energía que se convierte en electricidad, calefacción y demás factores vitales para la satisfacción de nuestras necesidades básicas.
- Cabe destacar que, por ser un proceso limpio y productivo, maneja tiempos de procesamiento cortos y breves generando como producto final un gas, sencillo de almacenar y utilizar, ofreciendo un buen rendimiento para los siguientes procesos a los que se va a someter.
- El costo de la implementación de estas tecnologías es bastante elevado, de gran carácter monetario en el que se tiene en cuenta la materia prima utilizada, los tipos de gasificadores y los subprocesos aplicados al producto de la gasificación, esto varía dependiendo el área de aplicación en la cual se va a hacer uso el gas de síntesis.

## 8. Bibliografía

AGRO WASTE. (s.f). GASIFICACIÓN. Retrieved November 27, 2021, from

<https://silo.tips/download/ademas-se-incluye-una-fase-previa-de-calentamiento-de-la-biomasa-utilizada-para>

AGVE. (2012). *Qué es un gasificador de biomasa?* AGVE. Retrieved November 27, 2021, from

<http://www.agve.com.ar/biomasaqueesgasificador.php>

Ambientalex.info. (2010, 04 30). Innovaciones energéticas, en ascenso. (Colombia).

<https://unipamplona-ambientalex-info.unipamplona.basesdedatosezproxy.com/noticias/detalle/cientificos-se-reunieron-para-analizar-futuro-de-la-produccion-energetica-colombia-sera-potencia-en-el-tema-medellin-2575>

Blog Pepeenergy. (s.f). *¿Qué es un megavatio (MW)?* | *Blog Pepeenergy*. Pepeenergy. Retrieved

November 27, 2021, from <https://www.pepeenergy.com/blog/glosario/definicion-megavatio/>

CEUPE. (s.f). *¿Qué es la gasificación?* CEUPE. Retrieved November 24, 2021, from

<https://www.ceupe.com/blog/que-es-la-gasificacion.html>

Concha A., A., Andalaft Ch., A., & Farías F., O. (2009). GASIFICACIÓN DE CARBÓN PARA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA: ANÁLISIS CON VALORACIÓN DE

OPCIONES REALES. *Ingeniare. Revista Chilena de Ingeniería*, 17(3), 347-359.

[https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-33052009000300008](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-33052009000300008)

De, S., Thallada, B., Agarwal, A. K., & Moholkar, V. S. (Eds.). (2017). *Coal and Biomass Gasification: Recent Advances and Future Challenges*. Springer Singapore. [https://link-springer-com.unipamplona.basesdedatosezproxy.com/chapter/10.1007/978-981-10-7335-9\\_3](https://link-springer-com.unipamplona.basesdedatosezproxy.com/chapter/10.1007/978-981-10-7335-9_3)

Definicion.de. (s.f). *Definición de volátil - Qué es, Significado y Concepto*. Definición.de.

Retrieved November 27, 2021, from <https://definicion.de/volatil/>

durán garcía, m. e. (2014). REACTORES DE LECHO FLUIDIZADO Y LECHO

BURBUJEANTE EN LA GASIFICACION DE BIOMASA RESIDUAL. *El Reventón Energético*, 12(2), 37. Dialnet-

[ReactoresDeLechoFluidizadoYLechoBurbujeanteEnLaGas-5052037.pdf](#)

El proceso de gasificación de bioslurry bioliq® para la producción de biocombustibles, químicos orgánicos y energía. (2012, febrero 27). *BMC Part of Springer Nature*. <https://doi-org.unipamplona.basesdedatosezproxy.com/10.1186/2192-0567-2-3>

ELREN. (2008, September 17). *Capítulo 2. Introducción a la terminología de las Energías*

*Renovables*. Sitio web de la Facultad de Ciencias Exactas: [www.exa.unicen.edu.ar](http://www.exa.unicen.edu.ar).

Retrieved November 27, 2021, from

<https://users.exa.unicen.edu.ar/catedras/tecnoambiente/eyp.pdf>

- Energia12. (2012, March 29). *Transformación por Pirolisis. Obtención diesel a partir de residuos plásticos (2ª parte)*. Energia12. Retrieved November 26, 2021, from <https://energia12.com/2012/03/29/transformacion-por-pirolisis-obtencion-diesel-a-partir-de-residuos-plasticos-2a-parte/>
- Energia12. (2012, October 26). *La gasificación de biomasa*. Energia12. Retrieved November 26, 2021, from <https://energia12.com/2012/10/26/la-gasificacion-de-biomasa/>
- Escarda Amo, D. (2017, junio 21). “ANÁLISIS DE GASIFICACIÓN DE LA CENTRAL DE PUERTO LLANO”. Universidad Carlos III De Madrid. Retrieved noviembre 20, 2021, from [https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/27594/TFG\\_David\\_Escarda\\_Amo\\_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/27594/TFG_David_Escarda_Amo_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Estrada, C. A., & Meneses, A. Z. (2004, 08). *GASIFICACIÓN DE BIOMASA PARA PRODUCCIÓN DE COMBUSTIBLES DE BAJO PODER CALORÍFICO Y SU UTILIZACIÓN EN GENERACIÓN DE POTENCIA Y CALOR*. Revistas UTP. Retrieved November 25, 2021, from <https://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/view/7229/4237>
- Falcon, F. (s.f). *¿Qué es la biomasa?* APPA Renovables. Retrieved November 24, 2021, from <https://www.appa.es/appa-biomasa/que-es-la-biomasa/>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (1993). *El Gas de Madera Como Combustible Para Motores*. FAO.

Gamez, M. J. (2019, August 30). *Objetivos de desarrollo sostenible*. Objetivos y metas de desarrollo sostenible – Desarrollo Sostenible. Retrieved November 27, 2021, from <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>

*Gasificación*. (2021). <https://www.greenfacts.org/es/glosario/ghi/gasificacion.htm>

GASNOVA. (s.f). *¿Qué es el GLP?* GASNOVA. Retrieved November 27, 2021, from <https://www.gasnova.co/sobre-el-glp/que-es-el-glp/>

Greene. (2018, October 19). *Transformación del Syngas*. Greene Waste to Energy. Retrieved November 27, 2021, from <https://greene.es/transformacion-del-syngas/>

IAPG. (s.f). *2 INTRODUCCIÓN Características principales El gas natural licuado, denominado comercialmente GNL, es gas natural transformado*. IAPG. Retrieved November 27, 2021, from <https://www.iapg.org.ar/docgas/1.pdf>

Igado Gracia, C. (2013, FEBRERO). *GASIFICACION DE BIOMASA EN DOBLE LECHO FLUIDIZADO. DISMINUCION DEL CONTENIDO DE ALQUITRANES MEDIANTE EL USO DE FE-OLIVINA Y FILTROS CATALITICOS*. Repositorio Institucional de Documentos. Retrieved November 25, 2021, from <https://zagan.unizar.es>

Janna, F. C. (2010, 12 01). *Científicos se reunieron para analizar futuro de la producción energética; Colombia será potencia en el tema. (Medellín)*. Ambientalex.info. Retrieved 11 27, 2021, from <https://unipamplona-ambientalex-info.unipamplona.basesdedatosezproxy.com/noticias/detalle/cientificos-se-reunieron->

para-analizar-futuro-de-la-produccion-energetica-colombia-sera-potencia-en-el-tema-medellin-2575

- Lesme Jaén, R., Garci Faure, L., Oliva Ruiz, L., Pajarín Rodríguez, J., & Revilla Suarez, D. (2016, Marzo 15). *Gasificación de biomasa para la generación de electricidad con motores de combustión interna. Eficiencia del proceso*. Redalyc. Retrieved November 26, 2021, from <https://www.redalyc.org/journal/4455/445546335002/html/>
- Londoño, C. A., De La Cruz, J. F., & Ocampo, A. (2017, 05). *14. Gasificador de lecho fluidizado circulante KBR Tomado de [181]... | Download Scientific Diagram*. ResearchGate. Retrieved November 25, 2021, from [https://www.researchgate.net/figure/Figura-214-Gasificador-de-lecho-fluidizado-circulante-KBR-Tomado-de-181-BULLET\\_fig15\\_317730081](https://www.researchgate.net/figure/Figura-214-Gasificador-de-lecho-fluidizado-circulante-KBR-Tomado-de-181-BULLET_fig15_317730081)
- Lorente, P. (s.f). *Desulfuración de gas de síntesis a alta temperatura y presión por absorción en óxidos regenerables. C-1*. tesisenred. Retrieved 11 26, 2021, from <https://www.tesisenred.net/bitstream/handle/10803/6424/06CAPITULO1.pdf?sequence=6&isAllowed=y>
- Moran, M. (2019, agosto 30). *Objetivo 7: Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna*. Energía – Desarrollo Sostenible. Retrieved November 27, 2021, from <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/energy/>

Morini, M. (2014). *Gasificación: un sistema eficiente para optimizar la utilización de biomasa*.

<https://www.energiaestrategica.com/gasificacion-un-sistema-eficiente-para-optimizar-la-utilizacion-de-biomasa/>

Naranjo, M. C. (2009, 05). *GASIFICACIÓN DE BIOMASA Y RESIDUOS EN LECHO*

*FLUIDIZADO: ESTUDIOS EN PLANTA PILOTO*. [www.grupo.us.es](http://www.grupo.us.es). Retrieved 11 25, 2021, from [https://grupo.us.es/bioenergia/pdf/tesis/MCN\\_Thesiswork.pdf](https://grupo.us.es/bioenergia/pdf/tesis/MCN_Thesiswork.pdf)

Organización De Las Naciones Unidas Para La Alimentación Y La Agricultura, Ministerio de Minería y Energía. Presidencia de la Nación, & Ministerio de Agroindustria. Presidencia de la Nación. (s.f). *Proyecto FAO para la promoción de la energía derivada de biomasa (UTF/ARG/020/ARG)*. GASIFICACIÓN DE BIOMASA. Retrieved 11 25, 2021, from [http://www.probiomasa.gob.ar/\\_pdf/04Gasificacion\\_hojaTecnica.pdf](http://www.probiomasa.gob.ar/_pdf/04Gasificacion_hojaTecnica.pdf)

OSTARGI. (s.f). *Gasificación de Biomasa – Ostargi*. Ostargi. Retrieved November 27, 2021, from <https://ostargi.biz/otros/gasificacion-de-biomasa/>

Pardo, C. (s.f). *Controlador PID - Control Automático*. Picuino. Retrieved November 27, 2021, from <https://www.picuino.com/es/control-pid.html>

Pinasco, H. (2014, September 4). *Gasificación: un sistema eficiente para optimizar la utilización de biomasa*. Energía Estratégica. Retrieved November 24, 2021, from <https://www.energiaestrategica.com/gasificacion-un-sistema-eficiente-para-optimizar-la-utilizacion-de-biomasa/>

Química Universal. (s.f). *Alquitrán – Química Universal*. Química Universal. Retrieved November 27, 2021, from <https://quimicauniversal.cl/www/productos/alquitran/>

Ramírez Rubio, S., Sierra, F. E., & Guerrero, C. A. (2011, noviembre 11). Gasificación de materiales orgánicos residuales Gasificación a partir de materiales orgánicos residuales. *Ingeniería e Investigación*, 31(3).  
[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-56092011000300003](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-56092011000300003)

RENOVETEC. (s.f). *CURSO DE CALDERAS DE RECUPERACIÓN HRSG*. RENOVETEC. Retrieved November 27, 2021, from <http://www.renovetec.com/196-curso-de-calderas-de-recuperacion-hrsg>

REZAGOS. (s.f). *Residuos Sólidos Urbanos*. Rezagos. Retrieved November 27, 2021, from <http://www.rezagos.com/pages/residuos-solidos-urbanos>

SEDIGAS. (S.f). *¿Qué es el Biometano? | Gas Renovable*. Gas renovable. Retrieved November 27, 2021, from <https://www.gasrenovable.org/tipos-gas-renovable/biometano/>

Sener, F. G. (2016, 06 15). *Ventajas y Desventajas de las Tecnologías de Gasificación con Respecto a la Incineración de RSU*. ategrus.org. Retrieved 11 27, 2021, from <https://www.ategrus.org/wp-content/uploads/2017/07/3-FERNANDO-GONZ%C3%81LEZ-SENER.pdf>

Solé, L. (2019, October 29). *Biodegradable y compostable: confusiones y aclaraciones*. Opciones. Retrieved November 27, 2021, from <https://opcions.org/es/consumo/biodegradable-compostable/>

Sostenibilidad para todos. (2019). *¿Qué es y como funciona la Biomasa?* Retrieved 11 27, 2021, from [https://www.sostenibilidad.com/energias-renovables/que-es-y-como-funciona-la-biomasa/?\\_adin=02021864894](https://www.sostenibilidad.com/energias-renovables/que-es-y-como-funciona-la-biomasa/?_adin=02021864894)

Vaz, T. (2018). *Inicio » ¿Qué es la Biomasa? Tipos y Ejemplos que podemos encontrar.*

EnergiaToday. Retrieved November 27, 2021, from <https://energiatoday.com/que-es-la-biomasa/>