

Generación de electricidad a través de la valorización de biomásas

Margarita de Gregorio

Directora de APPA Biomasa, entidad gestora de la Unión por la Biomasa y Coordinadora de BIOPLAT – Plataforma Tecnológica Española de la Biomasa.

La utilización de biomásas con fines energéticos es una actividad que forma parte de la historia de la humanidad desde tiempos prehistóricos, cuando el hombre aprendió a generar y a mantener el fuego, utilizando el calor que se generaba al quemar madera o cualquier materia vegetal para calentarse, cocinar, modelar arcilla e incluso dar forma a instrumentos y herramientas.

Esta actividad ha sido protagonista de la vida cotidiana de las familias hasta prácticamente el siglo pasado en los países del denominado 'primer mundo', mientras que se mantiene como esencial en la mayoría de los países menos desarrollados, donde se continúan utilizando biomásas para generar ese calor fundamental para cubrir las necesidades básicas de cualquier individuo.

Pero ¿qué es la biomasa? La biomasa puede definirse como toda la materia orgánica susceptible de ser aprovechada/valorizada energéticamente. Los productos que constituyen lo que generalmente se denomina biomasa comprenden un conjunto de materiales de diversos orígenes y naturaleza: cultivos energéticos, residuos de aprove-

chamientos forestales, residuos de cultivos agrícolas, residuos de podas de jardines, residuos de industrias agroforestales, residuos ganaderos, fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos (R.S.U), etc. pueden considerarse dentro de su ámbito. La definición más aceptada por la comunidad internacional es la que contiene la Directiva 2009/28/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de abril de 2009, relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables, que define la biomasa como la fracción biodegradable de los productos, desechos y residuos de origen biológico procedentes de actividades agrarias (incluidas las sustancias de origen vegetal y de origen animal), de la silvicultura y de las industrias conexas, incluidas la pesca y la acuicultura, así como la fracción biodegradable de los residuos industriales y municipales.

Biomásas en España. Tipos

Las biomásas con fines energéticos más utilizadas en nuestro país pueden clasificarse en distintos tipos en función de su origen:

- Agrícolas:
 - Cultivos energéticos.
 - Residuos de cultivos, podas, etc.
- Ganaderas:
 - Residuos de las explotaciones de cría de animales, mataderos, etc.
- Forestales:
 - Cultivos energéticos.
 - Aprovechamientos forestales: operaciones silvícolas que necesitan de un permiso de corta (claras, resalveos, etc.).
 - Residuos forestales cuya extracción no requiere la solicitud de permiso de corta.
- Industriales:
 - Residuos de industrias alimentarias, de la madera, papeleras, etc.
- Fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos - FORSU.

Cultivos energéticos

Las características más relevantes que debe reunir un cultivo para poder ser considerado con buena aptitud para la producción de biomasa con fines energéticos, son las siguientes:

- Tener altos niveles de productividad con bajos costes de producción para que pueda ser viable económicamente la obtención de biocombustibles, tomando como referencia los costes de los combustibles fósiles. En definitiva, que sean económicamente rentables para el agricultor o el propietario forestal que los cultive.
- Posibilidad de desarrollarse en tierras marginales.
- Es recomendable que se trate de cultivos que presenten un fácil manejo y que requieran técnicas y maquinarias lo más conocidas y comunes posibles.
- Que no contribuyan a degradar el medio ambiente. Su impacto ambiental durante el cultivo debe ser más positivo que en la situación anterior y debe permitir una fácil recuperación del suelo utilizado para implantar posteriormente otros cultivos, rotaciones, etc.
- La biomasa producida debe ser adecuada para los fines para los que va a ser utilizada -en este caso como biocombustible- por lo que debe contar con características idóneas para generar energía: alto porcentaje de materia seca, alto poder calorífico, etc.
- Tener un balance energético positivo, de tal forma que la energía contenida en el biocombustible producido sea superior a la gastada para producirlo.

Para poder alcanzar en lo posible las características mencionadas, interesa cultivar especies vegetales que posean:

- Vigor y precocidad de crecimiento.
- Alta capacidad de acumulación de energía por unidad de peso.
- Capacidad de rebrote con objeto de no ser necesaria la siembra anual.
- Rusticidad para adaptarse a diferentes condiciones.

Las razones para impulsar la implantación de cultivos energéticos en lugar de cultivos

tradicionales (generalmente alimentarios) son:

- Considerar como producto susceptible de ser aprovechado toda la biomasa producida cuya recolección sea económicamente viable.
- Ser valorados fundamentalmente por el contenido calórico del producto recolectado (en ningún caso por el aspecto saludable, las propiedades nutritivas, etc. como es el caso de los cultivos alimentarios).
- Poder recuperar casi íntegramente en los procesos de transformación termoquímica de las biomasas los elementos minerales que ha exportado el cultivo.
- La existencia de especies silvestres con elevadas producciones de biomasa y con capacidad de adaptación a diversas zonas, ampliando por tanto el espectro de especies susceptibles de ser cultivadas en cada zona.

Con objeto de que exista continuidad en la producción de biomasas con fines energéticos, debe tenerse en consideración que:

- Existen pocas variedades de cultivos cuya selección genética se haya llevado a cabo en base a criterios de producción de biomasa, por lo que resulta tremendamente interesante la búsqueda de nuevas especies y variedades cuya selección genética se realice en el sentido de conseguir mayores producciones de biomasa.
- Es necesario el desarrollo de procedimientos y de equipos para los casos en los que no resulta adecuada la utilización de la maquinaria existente.
- El fomento de la implantación de cultivos energéticos evita la erosión y la degradación del suelo derivado del no cultivo de las tierras de labor, y disminuye el riesgo de contaminación química al poder disminuir los fitosanitarios a aplicar a los mismos.

- En concreto, con los cultivos energéticos perennes, se disminuyen las pérdidas por escorrentía del nitrógeno y agua del suelo.
- Pueden utilizarse como filtros verdes al no producir alimentos.
- Se presentan como alternativa a los sectores productivos agrícola y forestal al evitar abandonar definitivamente superficies al existir la posibilidad de dedicarlas a producir energía.

Aprovechamientos forestales y residuos agrícolas y forestales

Los residuos agrícolas presentan como característica fundamental una gran heterogeneidad, aspecto que repercute enormemente en su utilización como biocombustible. Serán de naturaleza herbácea o leñosa en función del cultivo que procedan. Los residuos más representativos de cada grupo son:

- Procedentes de cultivos agrícolas HERBÁCEOS:
 - Cereales de invierno (pajas).
 - Cereales de primavera (tallos, zuros, cascarillas, etc.).
 - Cultivos hortícolas (tallos, etc.).
 - Cultivos industriales (oleaginosos, algodón, tabaco, etc.).
- Procedentes de cultivos agrícolas LEÑOSOS:
 - Restos de podas.
 - Levantamiento del cultivo (plantas viejas, enfermas, tocones, etc.).

La explotación forestal se realiza generalmente por ciclos que coinciden de forma aproximada con el ciclo reproductivo de la especie principal, su evolución a través

de dichos ciclos va a generar materias primas forestales como consecuencia de las distintas actividades de manejo silvícola que deben llevarse a cabo en estas explotaciones. Por lo tanto, estas biomásas forestales se producen como consecuencia de las actividades que se llevan a cabo en los montes y que van desde la realización de trabajos silvícolas y/o de prevención de incendios, hasta la corta y el aprovechamiento de la madera, pasando por un gran número de otras actividades como son el desbroce para la obtención de pastizales, repoblaciones y zonas de caza, la limpieza de zonas de paso de líneas eléctricas, ferrocarriles y carreteras, el acondicionamiento de zonas de recreo, etc. Una buena forma de identificar si estas biomásas pueden considerarse aprovechamiento forestal o residuo forestal sería a través del permiso de corta. En caso de que las actividades silvícolas que se ejecuten requieran de la solicitud de un permiso de corta, entonces estaríamos hablando de aprovechamientos forestales, puesto que se considera que las materias primas forestales que se obtienen de las mismas cuentan con un valor en el mercado. Para el resto de actividades silvícolas que pueden ejecutarse sin necesidad de solicitar un permiso de corta, las biomásas forestales que se obtuvieran como fruto de las mismas podrían considerarse residuos forestales.

Residuos industriales agrícolas, alimentarios y forestales

Los residuos procedentes de industrias agroalimentarias en numerosas ocasiones son muy adecuados para su aprovechamiento energético. Actualmente llegan a alcanzar cifras considerables y pueden constituir un verdadero problema para la industria.

En este tipo de industrias la cantidad del residuo se suele estimar en función del producto comercializado. Se pueden considerar industrias conserveras, la industria del arroz y la de la almendra. Aunque la industria agroalimentaria por excelencia en cuanto a lo que valorización energética de sus subproductos o residuos biomásicos se refiere es la industria oleícola. En España existen numerosas plantas de biomasa vinculadas a cooperativas o almazaras, en las cuales no únicamente se genera electricidad sino calor que puede ser aprovechado en los propios procesos de estas industrias. La producción combinada de electricidad y calor –cogeneración– resulta una solución tecnológica muy eficiente. Se trata de tecnologías muy solventes con una fiabilidad y rendimiento notorios.

Una vez abordados los residuos agrícolas (tanto directamente como resultado de un proceso industrial), cabe enumerar las importantes barreras que históricamente han impedido que se valoricen en la medida que debería de hacerse en función del gran potencial existente de los mismos en España:

- Dispersión y pequeña escala de las explotaciones generadoras de residuos.
- Estacionalidad de la producción.
- Grado de mecanización no definido en algunos casos, por lo que serían susceptibles de utilizarse equipos móviles de picado, empaquetado y recogida de diversas capacidades.
- Posibilidad de variabilidad en el precio de los residuos para los que existe un mercado alternativo (al energético) en función de la disponibilidad del recurso en cada año.

Deberían establecerse medidas para fomentar el aprovechamiento de los residuos agrícolas, de forma que se pudiera analizar

la viabilidad económica de dicho aprovechamiento. Estas medidas podrían basarse en:

- Realización de proyectos de demostración.
- Difusión de las tecnologías de recogida y tratamiento.
- Formación de entidades de carácter comarcal o local para gestionar los residuos (por ejemplo los Grupos de Acción Local podrían actuar como operadores logísticos de biomásas).

Por su parte, los residuos procedentes de industrias forestales se generan principalmente en fábricas en las que se procesan maderas (aserraderos, fábricas de tableros, fábricas de muebles, etc.) y también en las papeleras. En el primer caso estos residuos suelen aprovecharse en las mismas industrias que los generan, como biocombustibles para generar energía (térmica y/o eléctrica) que se utiliza en los propios procesos industriales madereros. Las industrias papeleras por su parte generan diferentes efluentes en el proceso de fabricación de papel cuyas características son muy diversas en función de la materia prima empleada y del tratamiento aplicado para producir la pasta.

En España las plantas de biomasa además de estar localizadas en industrias oleícolas, lo están en industrias consideradas tradicionalmente como forestales como lo son las del papel y la madera. Más de dos terceras partes de la potencia en plantas de biomasa instaladas en España están vinculadas a estos tres tipos de industrias, lo cual tiene todo el sentido al poder estructurar el negocio integrado verticalmente en otro negocio (producción de aceite de oliva, de celulosa o de tableros), y por tanto poder contar con mayores ventajas fundamentalmente en lo que respecta al

aprovisionamiento de recurso biomásico. El reto para el sector español de la biomasa está en conseguir promover instalaciones de biomasa para generación eléctrica que se consideren 'singulares', es decir, que no estén integradas en ninguna industria y que por tanto sean aprovisionadas por las distintas biomasas que se generan en el área de influencia (o zona de aprovisionamiento) de dicha planta. Los consumos de estas plantas permitirían crear y consolidar un mercado de biomasas en España, actualmente inexistente a pesar de que cada vez existen más micro-mercados. Por lo que el sector considera que el desarrollo de plantas 'singulares' de generación eléctrica con biomasas tendría una capacidad lo suficientemente tractorsa como para establecer ese mercado de combustibles biomásicos en España, clave para permitir el acceso a estos biocombustibles a otras industrias o consumidores térmicos tanto de grandes instalaciones como domésticas.

Otros residuos biomásicos

Fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos – FORSU

La fracción renovable de los residuos sólidos urbanos (FORSU), es la cantidad de material biodegradable que contiene el global de los residuos sólidos urbanos recogidos (65% en peso según el Plan de Energías Renovables - PER 2011-2020).

La FORSU se determina para cada país aplicando un porcentaje sobre el total del residuo. En el caso de España el PER 2011-2020 establece como un 50% el potencial energético del total, que es la cantidad recomendada por la Agencia Internacional de la Energía para aquellos países que no han determinado empíricamente dicha fracción renovable.

De acuerdo con la Ley 22/2011, los residuos urbanos generados deben someterse a un sistema de gestión que incluya la prevención, la preparación para reutilización, el reciclaje y, por último, valorización del rechazo. Este material de rechazo tiene un alto contenido energético, siendo al menos el 60% en peso del mismo correspondiente a la fracción renovable del residuo (mediciones realizadas por el procedimiento homologado del C14 en CO₂ de chimeña).

Residuos ganaderos

Históricamente la ganadería no ha ocasionado ningún problema de contaminación, los residuos ganaderos generados en las explotaciones ganaderas se han venido utilizando tradicionalmente como abono y enmienda orgánica en los campos de cultivo. Sin embargo, la tendencia de cambio de explotaciones ganaderas extensivas a explotaciones ganaderas intensivas que se ha producido estos últimos años debido a las exigencias del mercado (incremento significativo del consumo de productos ganaderos), ha ocasionado que los residuos generados en estas explotaciones intensivas sean muy numerosos y que estén localizados en zonas puntuales, provocando que la capacidad de autodepuración del medio receptor no sea suficiente para absorber dicha producción. Estas circunstancias han provocado que los residuos de las explotaciones ganaderas, considerados antiguamente como subproductos de aplicación agrícola, constituyan en la actualidad y cada vez con mayor incidencia un serio problema medioambiental, por la fuerte carga contaminante de los grandes volúmenes generados en torno a los núcleos productores.

En la tabla siguiente se muestran los porcentajes en régimen de explotación intensiva de cada especie animal de la cabaña ganadera nacional:

Especie Animal	Explotaciones intensivas (%)
Porcino	90
Bovino	55
Ovino	10
Caprino	10
Avícola	75
Cunícola	35

Las deyecciones animales se presentan fundamentalmente bajo dos formas: semi-sólida (purín) y sólida (estiércol). Ambos residuos ganaderos se consideran biomasa y pueden ser valorizados energéticamente en las instalaciones correspondientes. Al tratarse de residuos líquidos o semi-líquidos, se valorizan a través de un tratamiento biológico denominado biodigestión (o digestión anaerobia) a través de la cual se genera el biogás, que puede ser utilizado para generar energía eléctrica, térmica o bien ser inyectado en la red de distribución de gas.

Lodos de estaciones depuradoras de aguas residuales

Las aguas residuales originadas en los núcleos urbanos son fundamentalmente de origen doméstico. El volumen de aguas residuales generado en España oscila entre los 200 y los 400 litros de agua por habitante y día. Además cada habitante genera al día 1 kg de residuos fecales que se eliminan, junto con otros residuos procedentes generalmente de lavado, con las aguas residuales urbanas.

Estas aguas son tratadas en estaciones depuradoras de aguas residuales urbanas (EDAR) con objeto de una vez habiendo sido depuradas, puedan reutilizarse. En estas instalaciones se depuran las aguas siguiendo procesos físicos, químicos y biológicos, siendo el resultado final de estas diferentes etapas de tratamiento un efluen-

te con calidad adecuada para poder incorporarse a los cauces públicos.

Los fangos o lodos biológicos son el producto de la retirada del exceso de biomasa sintetizada en el reactor biológico como consecuencia de la asimilación de la carga contaminante (sustrato) eliminada del agua residual afluyente en el tratamiento secundario. En las plantas de tratamiento se concentran en estos lodos los productos contaminantes que se separan en el proceso de depuración. Dichos lodos deben ser sometidos a determinados procesos para disminuir su carga orgánica, y uno de los procesos más empleados para su estabilización es la digestión anaerobia.

Gestión y logística de las biomásas

La biomasa es la única energía renovable en la que el recurso renovable no se aprovecha espontáneamente en las instalaciones (tal y como ocurre con el viento, el sol y el agua) sino que debe ser extraído, tratado y transportado hasta la instalación en la que va a valorizarse energéticamente el mismo. Esta característica única ha supuesto históricamente un escollo para el sector español de la biomasa, al ser necesario contar con experiencia suficiente sobre los distintos recursos biomásicos para gestionar la logística de los mismos de la forma más eficiente posible, de manera que tanto la fase preliminar de pre-tratamiento y logística como la de valorización energética estén perfectamente imbricadas, lo que implicará el éxito de la instalación. Sin embargo, esta característica si algún momento se ha percibido como negativa al complicar el acceso al recurso biomásico, cada día se percibe mucho más como una valiosa cualidad. Esto se debe a que en todo este proceso de pre-tratamiento, transporte,

distribución y almacenamiento de biomásas interviene una gran cantidad de mano de obra, lo cual convierte a la valorización energética de las biomásas en la fuente energética más intensiva en generación de empleo, con 14 empleos por MW instalado de media en España. Además esta mano de obra se genera donde se encuentra el recurso biomásico, generalmente en el medio rural, por lo que el aprovechamiento de las biomásas puede considerarse una efectiva herramienta para contribuir a la fijación de la población en el medio rural y la dinamización de la economía de las comarcas en las que existen instalaciones de biomásas, que son dos de los objetivos que tratan de aliviar las políticas de desarrollo rural tanto europeas como nacionales y autonómicas.

La producción y obtención de biomásas como materiales procedentes de cultivos, de la explotación de montes, etc. son actividades que se deben mecanizar todo lo posible con el objetivo de reducir costes y optimizar la productividad, además de limitar los arduos trabajos manuales. Para la siembra, plantación, recolección y otras labores culturales, existe maquinaria en el mercado. No obstante, generalmente ha sido diseñada con un objeto distinto a la obtención de biomasa con fines energéticos aunque cada vez existen más máquinas diseñadas para ser utilizadas también con este fin. En el caso de cultivos herbáceos, algunas máquinas existentes se pueden adaptar a fin de aumentar la parte vegetativa que se cosecha o se recoge en el campo. Para materiales leñosos, y más concretamente a compactación y astillado en campo, en España se han desarrollado máquinas especialmente diseñadas para tales funciones. La maquinaria que permite recoger y densificar este tipo de biomásas antes de su transporte al lugar de utilización o segunda transformación, reduce en gran

medida los costes de manejo y transporte, además de mejorar posteriores rendimientos industriales y económicos. En lo relativo a las biomásas herbáceas, el aspecto más importante es la reducción de pérdidas de la parte vegetativa que se producen en los procesos de siega, hilerado y empacado. Las biomásas, por su propia naturaleza, requieren de una serie de pre-tratamientos o transformaciones para ser objeto de un aprovechamiento energético eficiente. Las características intrínsecas y extrínsecas que aparecen tanto en la biomasa agrícola como en la forestal son:

- Piezas de gran tamaño (granulometría)
- Heterogeneidad y poca uniformidad.
- Contenido en humedad.
- Reducida densidad.
- Dispersión.
- Dificultad de transporte y manipulación.
- Presencia de inertes no aprovechables como arena, piedras, metales, etc.

Estas características son las que dificultan e incluso impiden en ocasiones su aprovechamiento como biocombustibles. Por ello, al margen de su poder calorífico, es conveniente que los combustibles biomásicos cuenten con las siguientes propiedades:

- Homogeneidad y uniformidad.
- Aumento de su densidad natural mediante compactación.
- Humedad relativa baja.
- Limpieza. Deben estar exentos de contaminantes.
- Facilidad de manejo y almacenaje.
- Eficiencia-economía de transporte.

Para conseguir el acondicionamiento de las biomásas, y las características necesarias para mejorar la valorización de las mismas como combustible, resulta necesario realizar una serie de modificaciones sobre ellas. Generalmente estos tratamientos se llevan

a cabo antes de transportar las biomásas, para reducir los costes asociados a dicho transporte. Las etapas fundamentales en el pre-tratamiento son:

- Reducción de la granulometría.
- Reducción de la humedad.
- Densificación o compactación de las biomásas.
- Eliminación de componentes no deseados.

Tecnologías de valorización

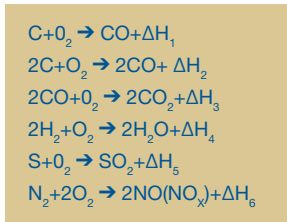
Existen distintos procesos de transformación de las biomásas que dan lugar a diferentes bioproductos que pueden ser utilizados para generar energía eléctrica, térmica o para automoción. (Figura 1).

La producción eléctrica a partir de biomásas se lleva a cabo fundamentalmente a través de un proceso de combustión o bien a través de un proceso de gasificación (ge-

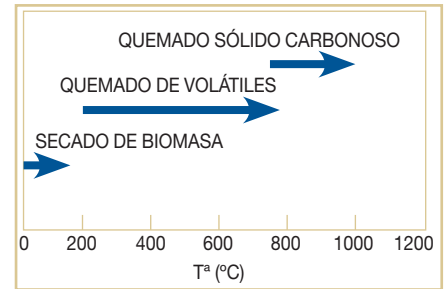
neralmente en pequeñas plantas menores de 2 MW), así como a partir del biogás generado a partir de la digestión anaerobia de biomásas en un biodigestor.

Combustión

La combustión se define como una reacción química rápida en la que se combina el oxígeno (comburente) del aire con los elementos oxidables (C-H₂) del combustible, y se desprende calor. Las reacciones típicas de un proceso de combustión son:

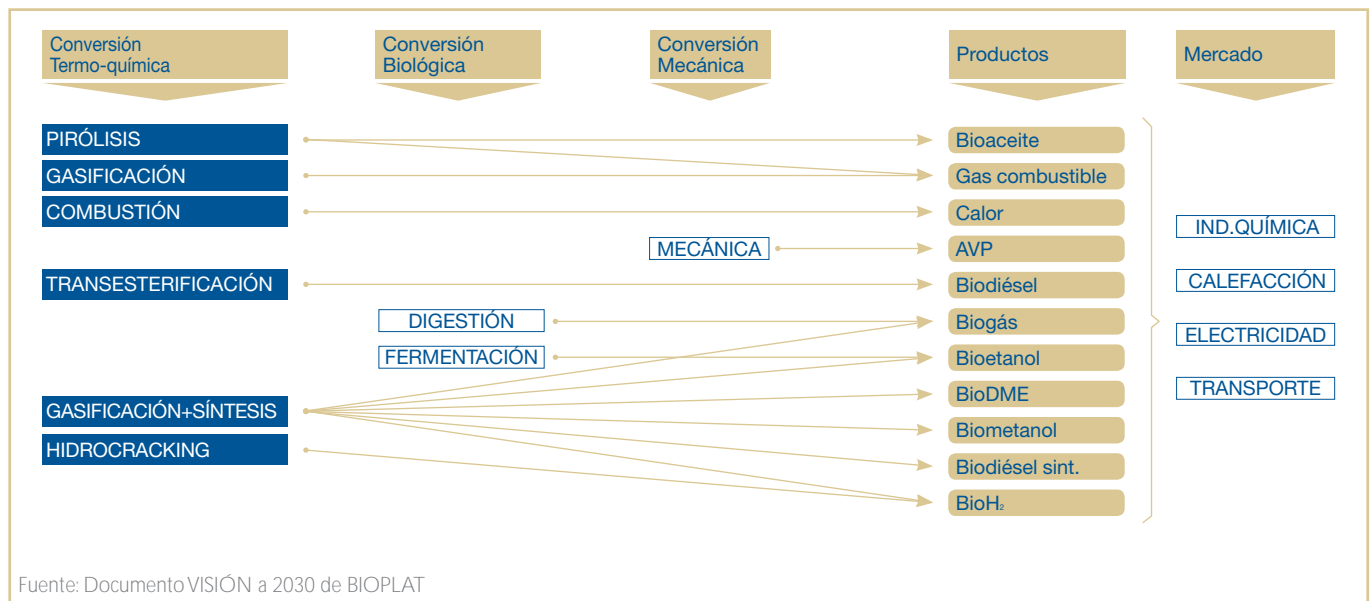


El proceso de combustión de un combustible rico en volátiles como es la biomasa, transcurre de la siguiente forma:



- Inicialmente se produce un secado de la biomasa en la cámara de combustión.
- A partir de 150°C → comienza la reacción de forma lenta y gradual hasta los 250°C.
- Por encima de los 275°C → comienza proceso exotérmico: el combustible libera sus volátiles, que arden como un combustible gaseoso.
- Finalmente → el sólido carbonoso (brasa) que queda, arde lentamente.

Figura 1.



Fuente: Documento VISIÓN a 2030 de BIOPLAT

PROCESO GENERADOR DE CALOR CON BIOMASA – ELEMENTOS:

Almacenamiento de las biomásas

Transporte y dosificación al equipo de comb.

Cámara de combustión

Caldera (vapor, agua caliente, fluido térmico)

Economizadores

Depuración de gases

Extracción de cenizas

Los sistemas de combustión de combustibles sólidos se diferencian en:

- Situación del sistema de alimentación del combustible a la caldera.
- La forma en la que se introduce el combustible.
- Tamaño de partícula requerido para el combustible.
- Caudal del aire primario.
- Tiempo de residencia del combustible.
- Velocidad relativa del aire de combustión y de las partículas de combustible.
- Temperatura media del proceso de combustión.

Los sistemas de combustión más empleados hasta el momento en la generación de energía se pueden clasificar en dos grandes grupos: calderas de parrillas (las más comúnmente utilizadas) y calderas de lecho fluidizado.

Gasificación

Se denomina gasificación de biomasa a un conjunto de reacciones termoquímicas que se producen en un ambiente pobre en oxígeno, y que dan como resultado la transformación de un sólido en una serie de gases susceptibles de ser utilizados en una caldera, en una turbina y/o en un motor, tras haber sido debidamente acondicionados.

En el proceso de gasificación la celulosa se transforma en hidrocarburos más ligeros, incluso en monóxido de carbono e hidrógeno. Esta mezcla de gases llamada gas de síntesis o syngas tiene un poder calorífico

inferior equivalente a la sexta parte del poder calorífico inferior del gas natural, cuando se emplea aire como agente gasificante. El agente gasificante es un gas o una mezcla de ellos que aporta calor, para iniciar las reacciones, y oxígeno.

El rendimiento del proceso varía dependiendo de la tecnología, el combustible y el agente gasificante que se utilice, entre un 70-80%. El resto de la energía que contiene el combustible se invierte en las reacciones endotérmicas, en las pérdidas de calor en los reactores, en el enfriamiento del syngas, en el secado (eliminación del vapor de agua) y filtración, y en el lavado (cuando es necesario eliminar los alquitranes. Igualmente se obtienen altos rendimientos eléctricos a partir de biomasa, mayores que los obtenidos por el sistema de combustión tradicional (ciclo Rankine), que alcanzan valores superiores al 30-32%.

En función del tipo de gasificador existen dos familias de tecnologías principales de gasificación:

- La de lecho móvil: a su vez se subdivide dependiendo del sentido relativo de las corrientes de combustible (biomasa) y del agente gasificante. Cuando ambas corrientes son paralelas el gasificador se denomina *downdraft*, cuando las corrientes circulan en sentido opuesto el gasificador se denomina *updraft* o de contracorriente.
- La de lecho fluidizado: el agente gasificante mantiene en suspensión a un inerte y al combustible hasta que las partículas de éste se gasifican, se convierten en cenizas volantes y son arrastradas por la corriente del syngas.

Biodigestión

La biometanización o degradación anaerobia es un proceso biológico mediante el cual la materia orgánica, en ausencia de oxígeno y por medio de un grupo de bacterias específicas (anaerobias), se degrada en una serie de productos gaseosos denominados biogás (CH₄, CO₂, H₂, H₂S, etc.) y otros denominados digestatos, que es una mezcla de productos minerales (N, P, K, Ca, etc.) y otros difícilmente degradables. Este proceso puede ocurrir de manera forzada en digestores anaerobios o de manera natural en vertederos controlados de residuos sólidos urbanos – R.S.U.

La digestión anaerobia puede aplicarse, entre otros, a residuos ganaderos, agrícolas, así como a los residuos de las industrias de transformación de dichos productos. Entre estos residuos se encuentran: purines, estiércol, residuos agrícolas o excedentes de cosechas, etc. que pueden tratarse de forma independiente o conjunta, mediante lo que se denomina co-digestión. La digestión anaerobia también es un proceso adecuado para el tratamiento de aguas residuales con alta carga orgánica, como las producidas en muchas industrias agroalimentarias.

El biogás es el nombre genérico de los gases producidos como consecuencia de la degradación anaerobia o biometanización de las biomásas, con independencia de la materia prima y la técnica empleada. Su composición media, que depende del sustrato digerido y del tipo de tecnología utilizada, oscila entre los siguientes valores:

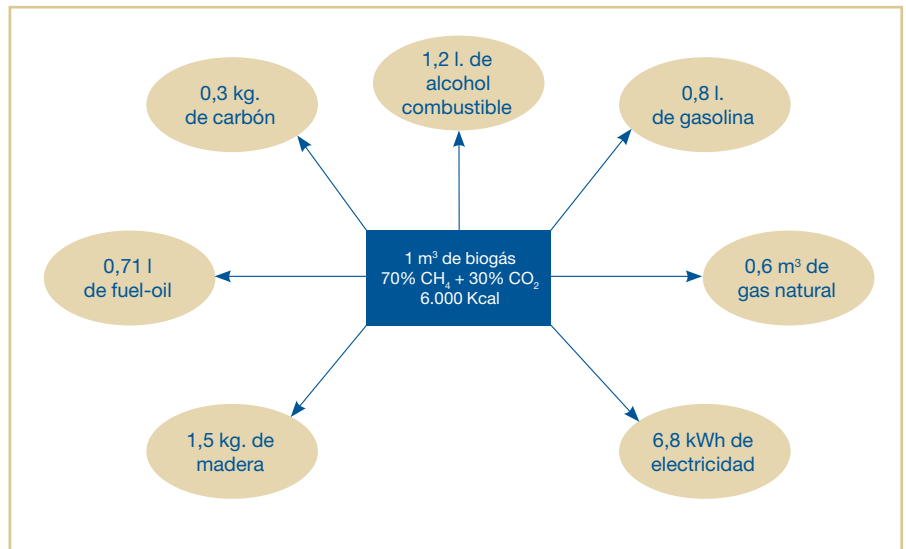
- 50-70% de metano (CH₄)
- 30-40% de dióxido de carbono (CO₂)
- ≤ 5% de hidrógeno (H₂), ácido sulfídrico (H₂S) y otros gases

Debido a su alto contenido en metano tiene un poder calorífico algo mayor que la mitad del poder calorífico del gas natural. Un biogás con un contenido en metano del 60% tiene un poder calorífico de unas 5.500 kcal/Nm³ (6,4 kWh/Nm³). Salvo por el contenido en H₂S podría decirse que se trata de un combustible ideal con las siguientes equivalencias: (Figura 2.)

Biomásas para generación eléctrica

La producción de electricidad con biomásas precisa de sistemas adaptados al bajo poder calorífico de las biomásas respecto a otros combustibles convencionales, su alto porcentaje de humedad y su gran contenido

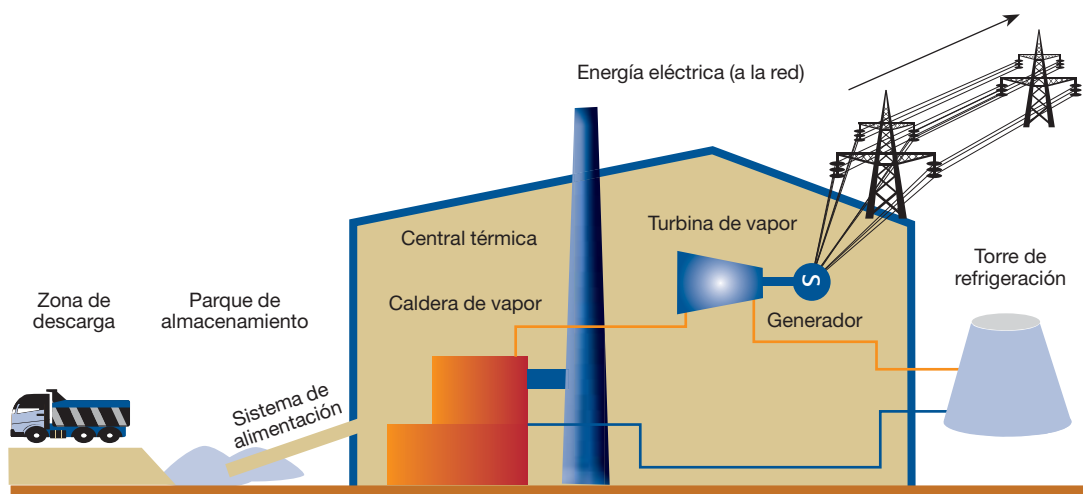
Figura 2.



en volátiles. Estos sistemas deben integrarse en centrales térmicas de producción eléctrica en las que normalmente se instalan calderas donde se genera la energía

térmica que hay que transformar en energía eléctrica. Para ello se hace uso generalmente de una turbina de vapor en la que se inyecta el vapor generado produciendo

Esquema de una planta de producción de electricidad con biomasa



Fuente: Energía de la Biomasa – IDAE

energía mecánica y que está conectada a un alternador que es donde se produce la energía eléctrica.

La demanda de combustible de este tipo de plantas implica que haya que asegurar un abastecimiento continuo de biocombustibles. La facilidad para conseguir el biocombustible y por tanto para asegurar el suministro continuo de la planta de biomasa es lo que ha condicionado que la mayor parte de la potencia eléctrica instalada en España esté asociada a industrias que tienen asegurado el combustible con su propia producción, como es el caso de la industria papelera, otras industrias forestales (fábricas de tableros, etc.) y agroalimentarias (almazaras, etc.). Éstas aprovechan los subproductos generados en sus procesos de fabricación para reutilizarlos como combustibles para generar electricidad y en algunos casos también calor a través de un proceso de cogeneración. No obstante, en España existe un potencial accesible de biomasa lo suficientemente importante como para que existan plantas 'singulares' de biomasa, es decir, no integradas en ninguna industria, sino con capacidad de valorizar las distintas biomásas que se generan en el área de influencia de dicha instalación. Este tipo de plantas de biomasa 'singulares' tienen un marcado carácter industrial en sí mismas, puesto que se trata de instalaciones localizadas en el medio rural a las que hay que aprovisionar diariamente de materias primas, que además hay que gestionar y transportar previamente. El concepto es similar al que rige cualquier otro tipo de industria en el medio rural, con la única particularidad que en el caso de la biomasa se trata de unas industrias con fines energéticos.

En el caso de que las plantas de biomasa sean de pequeño tamaño (con potencia instalada menor de 2 MW) lo más común en España es hacer uso de las tecnologías

de gasificación, al proporcionar éstas mejores rendimientos que una caldera para las pequeñas potencias señaladas. Estas instalaciones de valorización de biomásas utilizan un reactor-gasificador en el que se introduce la biomasa, la gasificación de la misma produce un gas pobre que una vez filtrado y tratado se utiliza en motores generadores de energía eléctrica.

Respecto a las plantas de biodigestión o de desgasificación de vertederos en las que se produce biogás, éste puede aprovecharse para generar electricidad utilizando motores a gas y/o turbinas a gas.

Beneficios medioambientales y socioeconómicos de la producción eléctrica a partir de biomásas

En el caso de que se flexibilizase la moratoria a la instalación de nueva potencia procedente de fuentes renovables, cogeneración y residuos, y se estableciese un marco legislativo adecuado para el sector de la biomasa en España que alcanzar los más que discretos objetivos establecidos en el PER 2011-2020, se obtendrían los siguientes impactos económicos positivos:

- Para la biomasa eléctrica (supondría un incremento neto de capacidad de 795 MW en 8 años):

La flexibilización de la moratoria podría movilizar inversiones privadas por un valor superior a los 2.700 millones de euros, que generarían 1.735 millones de euros de Valor Añadido Bruto directo e indirecto y requerirían en torno a 33.000 trabajadores. Su operación y mantenimiento generaría un impacto positivo en términos de VAB y empleo de 165,6 mi-

llones de euros anuales y 1.325 puestos de trabajo, respectivamente. Por último, esta actividad productiva ejercería un efecto de arrastre sobre otros sectores de la economía (especialmente en el medio rural), estimado en un VAB, directo e indirecto, de 452,6 millones de euros anuales y en un impacto positivo sobre el empleo, directo e indirecto, equivalente al mantenimiento anual de más de 8.500 puestos de trabajo.

Además, comparando el coste de la retribución (prima efectiva) con las aportaciones fiscales, medioambientales y sociales valoradas en el informe, la actividad directa de las nuevas plantas de Biomasa arrojaría un balance positivo de 274,5 millones de euros anuales.

- Para el biogás (supondría un incremento neto de capacidad de 185 MW en 8 años):

La viabilidad de los nuevos proyectos asociados al aprovechamiento del biogás supondría inversiones privadas por un valor superior a los 1.000 millones de euros, produciría 650 millones de euros de Valor Añadido Bruto directo e indirecto y el mantenimiento de 12.142 puestos de trabajo durante el periodo de construcción de estas instalaciones. Posteriormente, las tareas de operación y mantenimiento asociadas a estos proyectos generarían un impacto en VAB y empleo directo de 182,6 millones de euros anuales y 867 puestos de trabajo, respectivamente.

Asimismo, se generarían eslabonamientos interindustriales que beneficiarían a otras ramas productivas y de la economía, y que alcanzarían un VAB, directo e indirecto, de 51,4 millones de euros anuales y en un impacto positivo sobre el

BALANCE ANUAL DE LAS NUEVAS PLANTAS DE BIOMASA (795 MW NECESARIOS PARA CUMPLIMIENTO OBJETIVO PER 2020 -1.350 MW-)					
	Efectos directos (€)		Efectos indirectos (€)		TOTAL (€)
	Tarifas 2012	Consumos intermedios	Inversión	Tarifas 2012	
Cuota satisfecha por IBI+IAE	1.367.400				1.367.400
Aportación por IRPF	25.003.412	42.996.649	8.565.149		76.565.210
Aportación por Cotizaciones Sociales	12.402.881	42.197.214	13.734.160		68.334.255
Aportación por IVA derivado de la venta de energía	158.186.388				158.186.388
Aportación por IVA derivado de la inversión (*)	23.455.785				23.455.785
Aportación ICIO (*)	5.068.125				5.068.125
Aportación Licencia (*)	351.390				351.390
Impuesto de Sociedades	19.420.730				19.420.730
Contribución fiscal agregada	245.256.111	85.193.863	22.299.309		352.749.283
Ahorro por incendios evitados	250.306.037				250.306.037
Ahorro de prestaciones por desempleo	68.879.151				68.879.151
Ahorro por emisiones de CO ₂ evitadas	44.361.000				44.361.000
TOTAL CONTRIBUCIÓN	608.802.299	85.193.863	22.299.309		716.295.471
Coste tarifario por producción de energía eléctrica en plantas de biomasa en proyecto (€)					
Retribución total estimada	753.268.512				753.268.512
Retribución según precio medio de mercado	328.657.218				328.657.218
DIFERENCIA (PRIMA EFECTIVA)	424.611.295				424.611.295
Balance anual (€)					
Sin considerar incendios, emisiones ni desempleo	-179.355.184				-71.862.012
Considerando incendios, emisiones y prestaciones	184.191.004				291.684.176

Fuente: Balance socioeconómico de los objetivos fijados por el PER 2011-2020 para las biomásas – UNIÓN POR LA BIOMASA.

empleo, directo e indirecto, equivalente a 1.336 puestos de trabajo.

Además, el cumplimiento de los objetivos del PER 2011-2020 con respecto al biogás también supondría un balance económico positivo para el país, situándose su aportación en torno a 114,5 millones de euros anuales.

La cuantificación de estos beneficios demuestra claramente que la biomasa no debería continuar entendiéndose únicamente valorando su identidad como energía renovable, sino que deberían ser consideradas, incluso en mayor medida, sus identidades

como generadora intensiva de empleo y como instrumento para evitar graves daños medioambientales como son los incendios y las emisiones de GEI. Asimismo debería comprenderse que se trata de instalaciones energéticas con una marcada componente industrial, al ser necesario contar en las mismas con un suministro continuo de materias primas biomásicas y al requerir una operación y un mantenimiento cualificado que garantice la eficiencia y el éxito del proceso en su conjunto. De ahí el importante número de empleos que genera este sector, tanto en la recogida, el procesado y el transporte de biomásas previo a la valorización de las mismas, como en la gestión de éstas y de la

propia instalación. Empleos que se generan en el medio rural, contribuyendo de manera importante a su dinamización socioeconómica y cuya consecuencia principal es la fijación de población en el mismo.

La puesta en valor de todas estas valiosas propiedades con las que cuenta la valorización energética de las biomásas a través del establecimiento de un marco legislativo (tan anhelado por el sector) que permita su exitoso desarrollo en España, implicaría importantes beneficios de los que podría beneficiarse el conjunto de la sociedad, especialmente necesitada de estímulos de crecimiento y prosperidad. ■

BALANCE ANUAL DE LAS NUEVAS PLANTAS DE BIOGÁS (185 MW NECESARIOS PARA CUMPLIMIENTO OBJETIVO PER 2020 -400 MW-)					
	Efectos directos (€)		Efectos indirectos (€)		TOTAL (€)
	Tarifas 2012	Consumos intermedios	Inversión	Tarifas 2012	
Cuota satisfecha por IBI+IAE	318.286				318.286
Aportación por IRPF	18.034.339	5.074.511	3.208.154		26.317.005
Aportación por Cotizaciones Sociales	8.597.624	4.625.809	5.176.638		18.400.071
Aportación por IVA derivado de la venta de energía	31.264.242				31.264.242
Aportación por IVA derivado de la inversión (*)	9.025.912				9.025.912
Aportación ICIO (*)	1.950.242				1.950.242
Aportación Licencia (*)	129.819				129.819
Impuesto de Sociedades	11.638.877				11.638.877
Contribución fiscal agregada	80.959.341	9.700.321	8.384.793		99.044.454
Ahorro de emisiones por sustitución de combustibles fósiles	10.325.790				10.325.790
Ahorro de emisiones por tratamiento de residuos	67.640.625				67.640.625
Ahorro de prestaciones por desempleo evitadas	16.823.485				16.823.485
TOTAL CONTRIBUCIÓN	175.749.241	9.700.321	8.384.793		193.834.354
Coste tarifario por producción de energía eléctrica en plantas de biogás (€)					
Retribución total estimada	148.877.345				148.877.345
Retribución según precio medio de mercado	75.132.613				75.132.613
DIFERENCIA (PRIMA EFECTIVA)	73.744.731				73.744.731
Balance anual (€)					
Sin considerar ahorro de emisiones ni prestaciones	7.214.609				25.299.723
Considerando ahorro de emisiones y prestaciones evitadas	85.181.024				120.089.622

Fuente: Balance socioeconómico de los objetivos fijados por el PER 2011-2020 para las biomásas – UNIÓN POR LA BIOMASA.