



Bioenergía

Edición: Sarriguren (Navarra-España), agosto 2011

Remar, Red de Energía y Medio Ambiente
www.redremar.com

Edita: Centro Nacional de Energías Renovables - CENER
www.cener.com

Contenido: Red Remar (CENER)

Diseño: Red Remar

Maquetación: alfar&berango

Depósito Legal: 2660/2011

CENER©2011

Presentación



Junto a los objetivos sociales, los objetivos medioambientales y energéticos serán determinantes en el desarrollo de la economía del futuro. El cambio climático, el final de una economía basada en el petróleo, la escasez de recursos, el impacto sobre la biodiversidad, etc., son los nuevos criterios de análisis que debe utilizar cada responsable, ya sea público o privado, en su toma de decisiones a medio y largo plazo.

En todas las regiones europeas, los responsables socio-económicos buscan soluciones más limpias y eficientes para dar respuesta de forma más sostenible a sus clientes y a la sociedad en general, frente a los retos mencionados.

En respuesta a esta demanda de soluciones, los responsables económicos de cada región ejercen su capacidad de innovación y desarrollan soluciones más sostenibles, ya sea en el ámbito tecnológico u organizativo.

Con la participación de 9 socios de las regiones de Navarra, Euskadi, La Rioja y Aquitania, el Proyecto REMAR tiene como objetivo contribuir tanto a informar a los agentes de interés, y en general a la sociedad, como a identificar soluciones y promover cooperaciones transregionales para desarrollar soluciones innovadoras en 9 temáticas relacionadas con la energía y el medio ambiente.

Este documento es resultado del trabajo de los socios de REMAR en una de esas 9 temáticas. Su objetivo es ofrecer una perspectiva completa de la temática e ilustrar las posibles soluciones con ejemplos prácticos extraídos de las diferentes regiones.

Os deseo una lectura provechosa,

Benoit de Guillebon

Director de APESA,
Jefe de Fila del proyecto REMAR

Más guías prácticas...

1. Gestión de residuos
2. Bioplásticos
3. Impactos ambientales
4. Suelos contaminados
5. Ecoeficiencia industrial
6. Movilidad sostenible
- 7. Bioenergía**
8. Energías renovables
9. Gestión sostenible

Socios:



Cofinancia:



Contenidos

1.- Aspectos generales sobre Bioenergía.....	06
1.1.- Introducción.....	07
1.2.- El recurso biomásico.....	09
1.2.1 - El potencial de la biomasa.....	15
1.3.- Aplicaciones energéticas y sus tecnologías.....	20
1.3.1.- Biocarburantes.....	21
1.3.2.- Calor.....	22
1.3.2.1.- Usos domésticos.....	24
1.3.2.2.- Usos industriales.....	25
1.3.3.- Electricidad.....	26
1.4.- Aspectos económicos.....	27
1.5.- Aspectos ambientales.....	30
2.- Ejemplos prácticos.....	34
2.1.- Cultivos leñosos en corta rotación (Euroinnova).....	35
2.2.- Centro de Tratamiento de Biomasa (CENER).....	38
2.3.- District heating (Valle Ultzama).....	41
2.4.- Calefacción en polígono industrial (Turbomeca).....	43
2.5.- Pilas de Combustibles (Leia-Teknalia).....	45
2.6.- Biometanización (Valle Ultzama).....	48
2.7.- Aplicaciones en la Agricultura (Invernaderos).....	50
2.8.- Microalgas (Gaiker).....	53
2.9.- Aplicación Industrial (Secado de materia prima – Agralco).....	55
2.10.- Aplicación Industrial (Grupo ONA).....	58
3.- Referencias y contactos de interés.....	60
3.1.- Bibliografía.....	61
3.2.- Links.....	63

1. Aspectos Generales sobre Bioenergía

1.1 Introducción

La biomasa ha constituido tradicionalmente una de las principales fuentes energéticas de la humanidad y, aún ahora, en muchos ámbitos y regiones del mundo sigue siendo la principal fuente energética.

La OCDE/IEA¹ recoge, en diferentes estimaciones, un potencial mundial entre 440 y 1.130 EJ² para el año 2050, lo que nos da una idea de su relevancia. Según este mismo organismo, actualmente la biomasa supone el 10 % (50 EJ) [1] de la energía primaria suministrada a nivel mundial, siendo la fuente principal de energías en muchos países en vías de desarrollo, en forma de leña o carbón vegetal para proporcionar calor y cocinar [2].

¿Pero, qué se entiende por biomasa? La Directiva 2009/28 relativa al fomento del uso de la energía procedente de fuentes renovables [3] define la biomasa como "la fracción biodegradable de los productos, desechos y residuos de origen biológico procedentes de actividades agrarias (incluida 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".

Por lo tanto, la biomasa va a ser la materia prima para la producción de diferentes combustibles, tanto sólidos, como líquidos o gaseosos. A su vez, la conversión energética realizada de estos biocombustibles por medio de una determinada aplicación energética, va a permitir la producción de una energía que se podrá utilizar en el transporte o en la generación de calor y electricidad. De forma general:

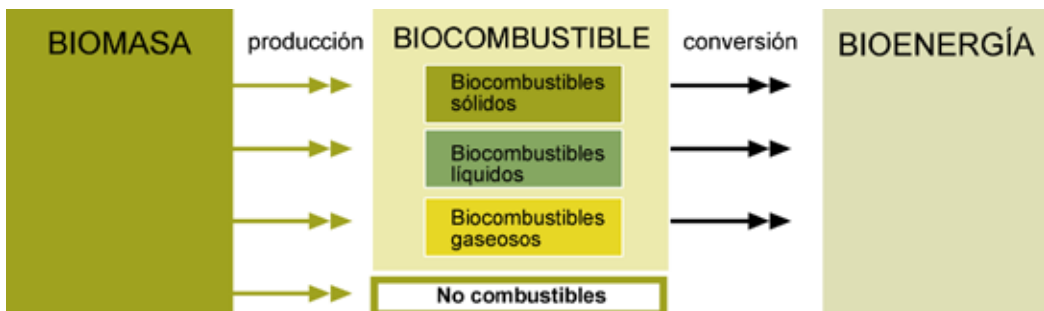


Figura 1.- Cadena de aprovechamiento de la biomasa como fuente de energía.

Fuente: EN 14961-1:2010. Biocombustibles sólidos- Especificaciones y clases de biocombustibles.

En el caso de la Unión Europea se planteaba un incremento del porcentaje de participación de las energías renovables al total de energía primaria del 6 al 12% entre los años 2003 y 2010. La energía renovable con mayor aporte a este incremento era la biomasa. El Plan de Acción para la Biomasa [4] fijó como objetivo un incremento de 80 Mtep, considerando todos los sectores en que participa: térmica, eléctrico y transporte.

Más recientemente, la aprobación de la Directiva 2009/28/CE relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables (DER) [3] ha significado un hito importante en cuanto a la contribución de las EERR³ al mix energético europeo. La finalidad de la Directiva es fijar para 2020 un objetivo global vinculante del 20% como cuota de energía generada a partir de fuentes renovables en el consumo final de energía, así como los objetivos nacionales vinculantes de conformidad con el objetivo global para la UE, y un objetivo vinculante mínimo del 10% como cuota de biocarburantes utilizados en el transporte, que deberá cumplir cada Estado Miembro.

[1] IEA: Agencia Internacional de la Energía.

[2] 1 EJ= 1018 Julios (J)= 1015 kilojulios (kJ)= 24 millones de toneladas de petróleo equivalente (Mtep)

[3] EERR: Energías Renovables

En esta misma directiva se indicaba que todos los Estados Miembros de la Unión Europea deberían realizar un Plan de Acción Nacional para las Energías Renovables (PANER). En los respectivos planes para España [18] y Francia [19] se marcaban los siguientes objetivos para 2020:

País	Cuota de energía de EERR sobre el consumo de energía final bruta en		Consumo de energía total previsto en 2020 (ktep)	Contribución de las EERR en 2020 (ktep)
	2005	2020		
España	8,7 %	20%	97.041	19.408
Francia	9,6%	23%	155.268	35.711

Tabla 1.- Participación de las EERR sobre energía total. Fuente: PANER

De los objetivos marcados para 2020 para el conjunto de las EERR, la contribución de la biomasa alcanza el 42% en el caso de España. En ambos países, el papel de la biomasa para alcanzar los objetivos es fundamental en sectores como el de la calefacción y refrigeración y en el de transporte, aportando en estos casos entre un 80 a un 90% del consumo final de energía del total de las EERR. Sin embargo, en el sector de la electricidad la presencia de la biomasa es mucho menor, no llegando al 10% en España y estando ligeramente por encima de esta cifra en el caso de Francia.

En el caso de España, se puede decir que todas las CCAA¹ poseen actividades y planes en el sector de la biomasa, disponen de potenciales productivos y tipos de biomasa diferentes. Sin embargo, la evolución real no está siendo la esperada y es necesario un cambio importante en las tendencias para asegurar el cumplimiento de estos objetivos e, incluso, de otros más ambiciosos planteados a mayor largo plazo.

Más allá de estos objetivos y niveles de participación al mix energético global, como en todos los ámbitos, no podemos perder de vista la absoluta necesidad de aplicar criterios estrictos de sostenibilidad al desarrollo de la biomasa que permitan asegurar balances energéticos y medio-ambientales positivos.

¹ CCAA: Comunidades Autónomas

1.2. El recurso biomásico

Como se desprende de la definición expuesta de biomasa, los orígenes de los diferentes tipos de biomasas que pueden servir como materia prima para su utilización como combustibles son diversos. Se puede considerar a la biomasa, salvo en el caso concreto de los cultivos energéticos o la producción de microalgas, como un residuo de diferentes actividades o procesos, que sin una valorización energética generalmente supondrían un problema medioambiental.

Existen diferentes maneras de clasificar la biomasa. A continuación se presenta una clasificación basada en su localización: dispersa o concentrada, que permite, ya de partida, evaluar la complejidad logística necesaria para su posterior aprovechamiento.



Figura 2.- Sarmiento de vid agrupado a pie de parcela.
Fuente: CENER

Localización	Origen	Tipos
Biomasa Dispersa	Origen Agrícola	Residuos Herbáceos: paja de cereal de invierno, tallo y zurro del maíz o cañote de girasol.
		Residuos Leñosos: poda de frutales, olivo o sarmiento de vid.
		Cultivos energéticos: variedades específicas con gran rendimiento y pocas necesidades de agua, fertilizantes o pesticidas.
	Origen Forestal	Tratamiento Silvícola: limpiezas, claros o podas.
Residuos de Cortas Finales		
Biomasa Concentrada	Origen Industrial	Microalgas
		Residuos Agroalimentarios: cáscara de almendra, pepita de uva, orujillo de oliva, etcétera.
		Residuos Industria de la Madera: serrines, cortezas o pequeñas piezas de aserradero e industria del mueble.
	Origen Urbano	Residuos Urbanos: fracción orgánica de las basuras.

Tabla 2.- Clasificación de Biomasa. Fuente: CENER

A su vez, una clasificación completa de los biocombustibles sólidos en función del origen la podemos encontrar en la norma EN 14961-1:2010 elaborado por el Comité Técnico 335 sobre biocombustibles sólidos perteneciente al Comité Europeo de Normalización (CEN). Esta clasificación se basa en cuatro grandes categorías, que a su vez se van ramificando en otros tres niveles jerárquicos, aportando una mayor concreción.

Las cuatro categorías principales son:

Biomasa leñosa: Biomasa procedente de árboles y arbustos. Esta definición incluye plantaciones de árboles, subproductos de la industria de la madera y residuos de madera.

Biomasa herbácea: Biomasa de plantas cuyos tallos no tienen un crecimiento leñoso.

Biomasa de frutos: Biomasa procedente de las partes plantas que contienen las semillas, como huesos de aceituna o cáscara de almendra.

Conjuntos y mezclas: Biomasa que es una combinación de las anteriores.

Esta clasificación completa, desarrollada en cuatro niveles jerárquicos, se presenta en la tabla siguiente:

1. Biomasa leñosa	1.1 Biomasa leñosa procedente del monte	1.1.1 Árboles completos	1.1.1.1 Frondosas
			1.1.1.2 Coníferas
			1.1.1.3 Especies de crecimiento rápido
			1.1.1.4 Matorral
			1.1.1.5 Conjunto y mezclas
		1.1.2 Árboles enteros con raíces	1.1.2.1 Frondosas
			1.1.2.2 Coníferas
			1.1.2.3 Especies de crecimiento rápido
			1.1.2.4 Matorral
			1.1.2.5 Conjunto y mezclas
		1.1.3 Tallo leñoso	1.1.3.1 Frondosas
			1.1.3.2 Coníferas
			1.1.3.3 Conjunto y mezclas
		1.1.4 Residuos de corta	1.1.4.1 Fresco/verde, frondosas (incluyendo hojas)
			1.1.4.2 Fresco/verde, coníferas (incluyendo hojas)
			1.1.4.3 Almacenamiento de frondosas
			1.1.4.4 Almacenamiento de coníferas
			1.1.4.5 Conjuntos y mezclas
		1.1.5 Tocones	1.1.2.1 Frondosas
			1.1.2.2 Coníferas
1.1.2.3 Especies de crecimiento rápido			
1.1.2.4 Matorral			
1.1.2.5 Conjunto y mezclas			
1.1.6 Cortezas (de operaciones forestales) ^a			
1.1.7 Madera procedente de jardines, parques, mantenimiento de arceros, viñedos y huertos			
1.1.8 Conjuntos y mezclas			

1. Biomasa leñosa	1.2 Subproductos y residuos de la industria de la madera	1.2.1 Residuos de madera no tratada químicamente	1.2.1.1 Sin corteza, frondosas
			1.2.1.2 Sin corteza, coníferas
			1.2.1.3 Con corteza, frondosas
			1.2.1.4 Con corteza, frondosas
			1.2.1.5 Corteza (de operaciones industriales) ^a
		1.2.2 Residuos de madera tratada químicamente, fibras y componentes de la madera	1.2.2.1 Sin corteza
			1.2.2.2 Con cortezas
			1.2.2.3 Corteza (de operaciones industriales) ^a
			1.2.2.4 Fibras y componentes del a madera
		1.2.3 Conjuntos y mezclas	
	1.3 Madera usada	1.3.1 Madera no tratada químicamente	1.3.1.1 Sin corteza
			1.3.1.2 Con cortezas
			1.3.1.3 Corteza ^a
		1.3.2 Madera tratada químicamente	1.3.2.1 Sin corteza
			1.3.2.2 Con cortezas
			1.3.2.3 Corteza ^a
1.3.3 Conjuntos y mezclas			
1.4 Conjuntos y mezclas			

2. Biomasa herbácea	2.1 Cultivos herbáceos de agricultura y horticultura	2.1.1 Cereales	2.1.1.1 Planta completa
			2.1.1.2 Partes de paja
			2.1.1.3 Granos o semillas
			2.1.1.4 Vainas o cáscaras
			2.1.1.5 Conjuntos o mezclas
		2.1.2 Gramíneas	2.1.2.1 Planta completa
			2.1.2.2 Partes de paja
			2.1.2.3 Semillas
			2.1.2.4 Cáscaras
			2.1.2.5 Conjuntos o mezclas
		2.1.3 Oleaginosas	2.1.3.1 Planta completa
			2.1.3.2 Tallos y hojas
			2.1.3.3 Semillas
			2.1.3.4 Vainas o cáscaras
			2.1.3.5 Conjuntos o mezclas
		2.1.4 Tubérculos	2.1.4.1 Planta completa
			2.1.4.2 Tallos y hojas
			2.1.4.3 Raíz
	2.1.4.4 Conjuntos y mezclas		
	2.1.5 Leguminosas	2.1.5.1 Planta completa	
		2.1.5.2 Tallos y hojas	
		2.1.5.3 Fruto	
		2.1.5.4 Vainas	
		2.1.5.5 Conjuntos o mezclas	
	2.1.6 Flores	2.1.6.1 Planta completa	
		2.1.6.2 Tallos y hojas	
		2.1.6.3 Semillas	
		2.1.6.4 Conjuntos y mezclas	
	2.1.7 Biomasa herbácea procedente de jardines, parques, mantenimiento de arcenes, viñedos y huertos		
	2.1.8 Conjuntos y mezclas		
	2.2 Subproductos y residuos de industrias herbáceas ^b	2.2.1 Residuos herbáceos no tratados químicamente	2.2.1.1 Cereales y gramíneas
			2.2.1.2 Oleaginosas
2.2.1.3 Tubérculos			
2.2.1.4 Leguminosas			
2.2.1.5 Flores			
2.2.1.6 Conjuntos y mezclas			
2.2.2 Residuos herbáceos tratados químicamente		2.2.2.1 Cereales y gramíneas	
		2.2.2.2 Oleaginosas	
		2.2.2.3 Tubérculos	
		2.2.2.4 Leguminosas	
		2.2.2.5 Flores	
2.2.3 Conjuntos y mezclas			
2.3 Conjuntos y mezclas			

3. Biomasa de frutos	3.1 Frutales y frutos de horticultura	3.1.1 Bayas	3.1.1.1 Bayas
			3.1.1.2 Pulpa
			3.1.1.3 Semillas
			3.1.1.4 Conjuntos y mezclas
		3.1.2 Frutos de hueso/semilla	3.1.2.1 Fruto entero
			3.1.2.2 Pulpa
			3.1.2.3 Huesos/semillas
			3.1.2.4 Conjuntos y mezclas
		3.1.3 Frutos secos y bellotas	3.1.3.1 Fruto seco entero
			3.1.3.2 Vainas/cáscaras
			3.1.2.3 Semillas
			3.1.2.4 Conjuntos y mezclas
		3.1.4 Conjuntos y mezclas	
	3.2 Subproductos y residuos de industrias de procesado de frutos ^c	3.2.1 Residuos de frutas no tratados químicamente	3.2.1.1 Bayas
			3.2.1.2 Frutos secos de hueso/semillas
			3.2.1.3 Bellotas y frutos secos
			3.2.1.4 Orujo
			3.2.1.5 Conjuntos y mezclas
		3.2.2 Residuos de frutos tratados químicamente	3.2.2.1 Bayas
			3.2.2.2 Frutos de hueso/semilla
3.2.2.3 Bellotas y frutos secos			
3.2.2.4 Orujillo			
3.2.2.5 Conjuntos y mezclas			
3.2.3 Conjuntos y mezclas			
3.3 Conjuntos y mezclas			
4. Conjuntos y mezclas	4.1 Conjuntos		
	4.2 Mezclas		

^a Los residuos de corcho se incluyen en los subgrupos de corteza.

^b El grupo 2.2 también incluye los residuos y subproductos de la industria de procesamiento de alimentos.

^c El grupo 3.2 también incluye los residuos y subproductos de la industria de procesamiento de alimentos.

Tabla 3.- Clasificación del origen y las fuentes de biocombustibles sólidos.

Fuente: EN 14961-1:2010. Biocombustibles sólidos- Especificaciones y clases de biocombustibles.

El aprovechamiento energético de la biomasa, como ya se ha indicado anteriormente, conlleva una serie de pasos intermedios encaminados a adecuar las características de la misma para su uso en función de sus condiciones iniciales y la tecnología de conversión energética seleccionada. Las múltiples combinaciones de aprovechamiento energético de la biomasa se recogen, de forma resumida, en el esquema siguiente:

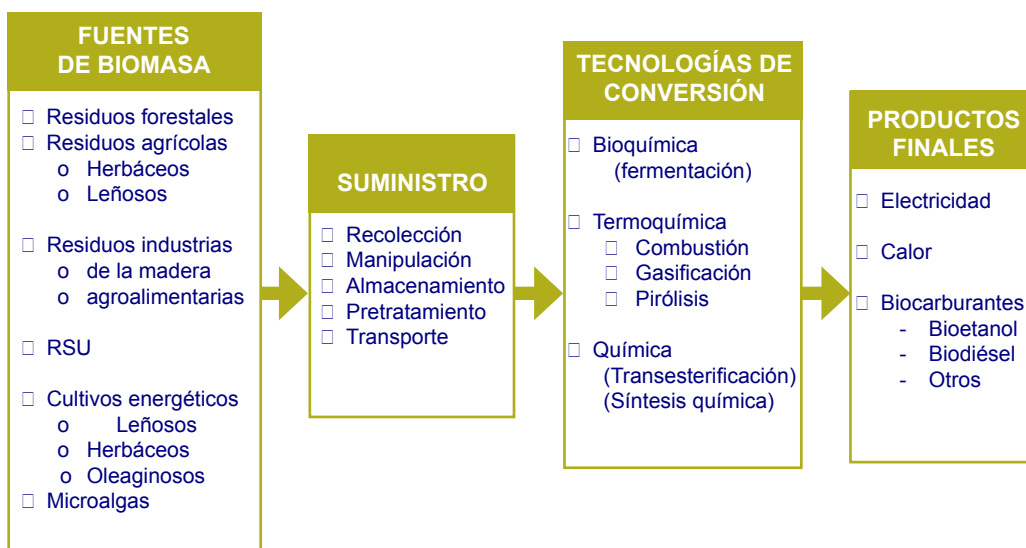


Figura 3.- Secuencia de aprovechamiento energético de la biomasa.
Fuente: CENER.

2.1. El potencial de la biomasa

Uno de los parámetros más críticos en cuanto al recurso biomásico, desde el punto de vista del promotor de instalaciones, está en poder determinar cuál es la cantidad y calidad del recurso del que se dispone, a qué precio y cuál es la estabilidad del suministro. Estos parámetros, para una instalación concreta, se estiman en los *estudios de evaluación de potencial y logística del suministro de la biomasa*.

Sin embargo, para poder valorar lo que podría ser la contribución de la biomasa a la producción energética es necesario realizar estudios a nivel global. En este sentido, son diversos los organismos e instituciones que realizan estudios de estimación del potencial de la biomasa a niveles regional, nacional y mundial.



Figura 4.- Astillado de resto forestal
Fuente: Gobierno de Navarra

La Agencia Internacional de la Energía (AIE), por ejemplo, indica que cuando se evalúa la biomasa potencial, se debe distinguir entre el *potencial teórico* el cual está referido al total de biomasa que podría ser recogida y que estima para el mundo en aproximadamente 2.900 EJ/año [5], el *potencial técnico* que considera la biomasa que realmente podría ser recogida con los medios técnicos disponibles de una forma rentable y que se estima en 1.500 EJ/año [1] en el 2050 y el *potencial sostenible*, en el cual también se consideran los factores ambientales y sociales que garantizaran un aprovechamiento de la biomasa sostenible en el tiempo, y que se estima entre 200 y 500 EJ/año [1] (no considerando la biomasa acuática como las algas). Los restos de la agricultura y la actividad forestal, junto a otros residuos orgánicos, como RSU, proveerían entre 50 y 150 EJ/año [1], mientras que el resto tendría que venir de los cultivos energéticos, incrementando el excedente de biomasa forestal y aumentando los rendimientos agrícolas.

El potencial en el caso de las algas podría alcanzar hasta varios cientos de EJ si se consideran las microalgas y hasta varios miles de EJ con macroalgas (AIE, 2009). Sin embargo, ambos tipos de algas tienen dos obstáculos principales para su utilización como materia prima para la producción de biocombustibles: bajo contenido de materia seca y los problemas logísticos para su cultivo a gran escala.

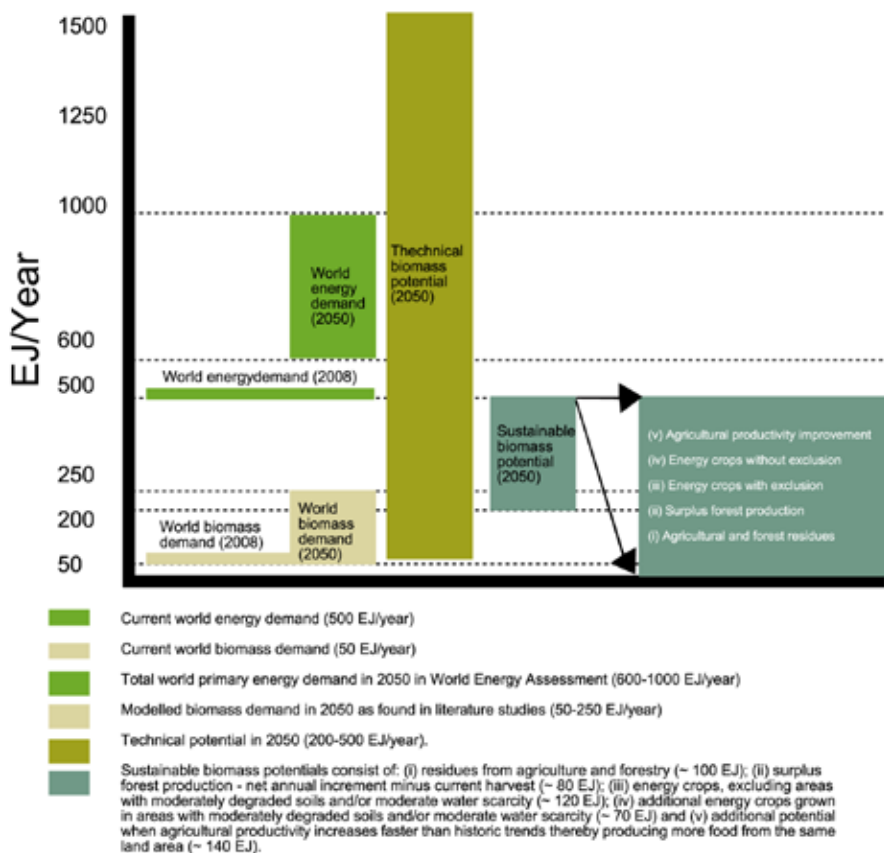


Figura 5.- Potencial y demanda esperada de biomasa técnica y medioambiental viable (energía primaria). Fuente: IEA Bioenergy 2009, Bioenergy a Sustainable and Reliable Energy Source. A review of Status and prospects. IEA BIOENERGY: ExCo: 2009:6

Por otro lado, la misma AIE estima que la demanda de energía primaria a nivel mundial en el 2050 estará en el rango de los 600 a 1.000 EJ al año (en el 2008 fue de 500 EJ). Según los escenarios analizados, que consideran la penetración de las energías con bajas emisiones de carbono, indican que la demanda para la bioenergía podría alcanzar los 250 EJ/año. Esta demanda prevista estaría dentro del suministro posible de biomasa según el potencial sostenible estimado, con lo cual es razonable asumir que en el futuro la biomasa podría contribuir entre un cuarto a un tercio al mix energético global. Que realmente se cumplan estos objetivos dependerá de la competitividad de los costes de la bioenergía frente a otras fuentes de energía y del marco de medidas políticas futuras, como los objetivos de reducción de gases de efecto invernadero.

En la actualidad el uso industrial a nivel mundial de la energía procedente de la biomasa es alrededor de 9 EJ/año. Las estimaciones del uso por parte de la industria de este tipo de energía para el 2050 varían de forma considerable. Estimaciones entre 100-200 EJ al año (que supondrían entre el 10 y el 20% del suministro de energía primaria en el 2050) están realizadas asumiendo que no va haber escasez de agua y un incremento en los rendimientos de los cultivos alimentarios en las próximas décadas, en parte debido a los cultivos modificados genéticamente. En este caso, una gran cantidad de tierras de cultivo (entre un 20 a un 50%) estarían disponibles para la producción de biomasa. Unos 50 EJ por año podrían venir de materias primas lignocelulósicas y ser usadas para la producción de biocombustibles por medios avanzados (hidrólisis enzimática). De todos modos estas estimaciones son inciertas. El uso de tierras marginales, no cultivadas, puede tener una importancia destacada en el futuro.

Según lo indicado en los respectivos PANER de España y Francia el suministro de biomasa actual y las previsiones para el 2020 se presentan en las siguientes tablas.

Para el caso de España:

Sector origen		Actual (2006)		2020	
		Cantidad de recursos (t)	Producción de energía primaria (ktep)	Cantidad prevista de recursos (t)	Producción de energía primaria (ktep)
a) Biomasa procedente de la silvicultura	1) Suministro directo de biomasa de madera procedente de bosques y otras superficies forestales	4.800.000	1.200	8.322.328	2.081
	2) Suministro indirecto de biomasa leñosa para generación de energía	5.218.750	1.600	5.674.765	1.702
b) Biomasa procedente de la agricultura y la pesca	1) Cultivos agrícolas y productos de la pesca proporcionados directamente para la generación de energía	1.383.774	270	4.355.772	1.307
	2) Subproductos de la agricultura/residuos y subproductos de la pesca para la generación de energía	4.631.671	1.435	30.852.890	1.933
c) Biomasa procedente de residuos	1) Fracción biodegradable de residuos sólidos urbanos incluidos los residuos biológicos	4.653.471	366,9	6.693.515	726
	2) Fracción biodegradable de residuos industriales	16.436	5,8	626.963	194
	3) Lodos de depuradora	254.400	4,9	476	86

Tabla 4.- Suministro de biomasa actual y futura en España.

Fuente: Plan de Acción Nacional de Energías Renovables de España (Mº de Industria, Turismo y Comercio).

Para el caso de Francia:

Sector origen		Actual (2006)		2020	
		Cantidad de recursos (t)	Producción de energía primaria (ktep)	Cantidad prevista de recursos (t)	Producción de energía primaria (ktep)
a) Biomasa procedente de la silvicultura	1) Suministro directo de biomasa de madera procedente de bosques y otras superficies forestales	28.515.088 m ³	6.256	38,44 – 46,6 Mm ³	8.556 – 10.406
	2) Suministro indirecto de biomasa leñosa para generación de energía	30.590.362 m ³	4.773	35,1 – 38,6 Mm ³	5.473 – 6.023
b) Biomasa procedente de la agricultura y la pesca	1) Cultivos agrícolas y productos de la pesca proporcionados directamente para la generación de energía	4.681.730 t	802	13,41 Mt	3.210
	2) Subproductos de la agricultura/ residuos y subproductos de la pesca para la generación de energía	1.228.300 t	391	2,5 Mt	1.000
c) Biomasa procedente de residuos	1) Fracción biodegradable de residuos sólidos urbanos incluidos los residuos biológicos	13.097.000 t	1.291	5 – 6 Mt	850 -1.500 + 161 de vertederos
	2) Fracción biodegradable de residuos industriales	---	----	2,7 Mt	900
	3) Lodos de depuradora	1.000.000 t	54	1 Mt	54

Tabla 5.- Suministro de biomasa actual y futuro en Francia.
Fuente: Plan de Acción Nacional de Energías Renovables de Francia.

Ya se destacó con anterioridad que la contribución de la biomasa al total de la producción de energía con EERR es muy importante, en especial en Francia.

En ambos países destaca por encima de todas la demás la contribución a la energía primaria de la biomasa procedente de la silvicultura, incluyendo tanto la que viene directamente de las masas forestales como de la industria de la madera. También en ambos países se ve un incremento destacado de la contribución de la biomasa procedente de la agricultura, sustentado especialmente por el desarrollo de los cultivos energéticos.

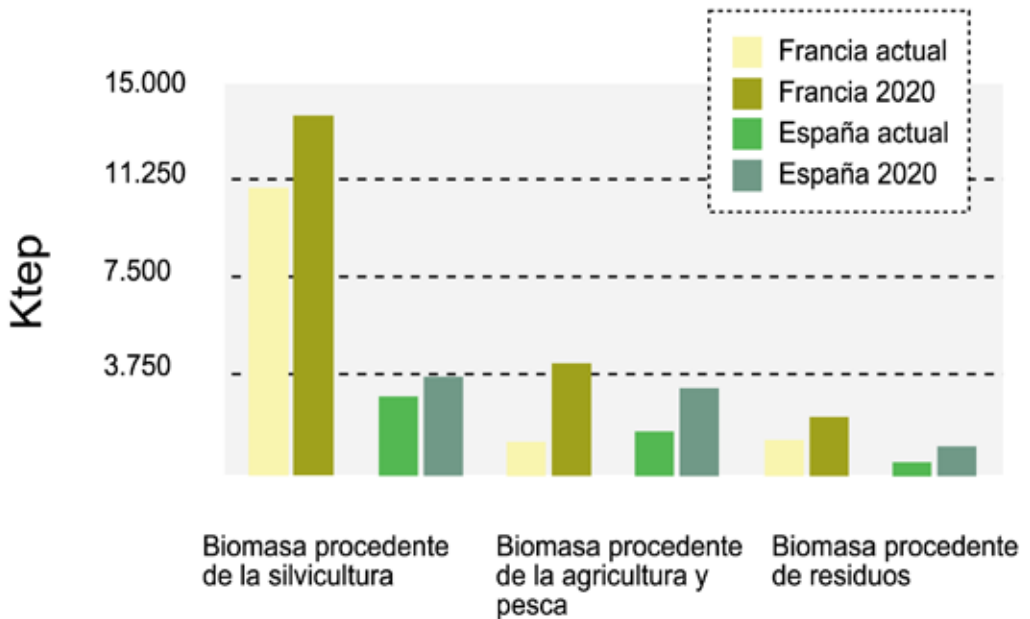


Figura 6.- Energía primaria aportada por la biomasa según orígenes.
Fuente: PANER de Francia y España



Figura 7.- Recogida mecanizada de chopo
Fuente: CENER

Finalmente, es importante señalar que la biomasa dispersa deberá ser recolectada y agrupada, con un importante trabajo a realizar que influye de manera significativa en el coste final del biocombustible. Al contrario, la biomasa concentrada presenta costes menores de logística y una mayor estabilidad de suministro.

Además, la cantidad de biomasa de origen agrícola disponible está muy ligada al uso y aprovechamiento que se da a las superficies agrícolas. La variabilidad de la disponibilidad de biomasa año a año va estar sujeta además a los factores que condicionan el crecimiento vegetal de las especies, como son en nuestras latitudes la disponibilidad de agua y la incidencia de heladas.

1.3. Aplicaciones energéticas y sus tecnologías

Las posibles rutas existentes para convertir la materia prima en energía son variadas y van a depender tanto de las características de la biomasa, así como del uso final al que queramos destinar el producto obtenido. A continuación se presenta un esquema en el que se representan todas estas alternativas.

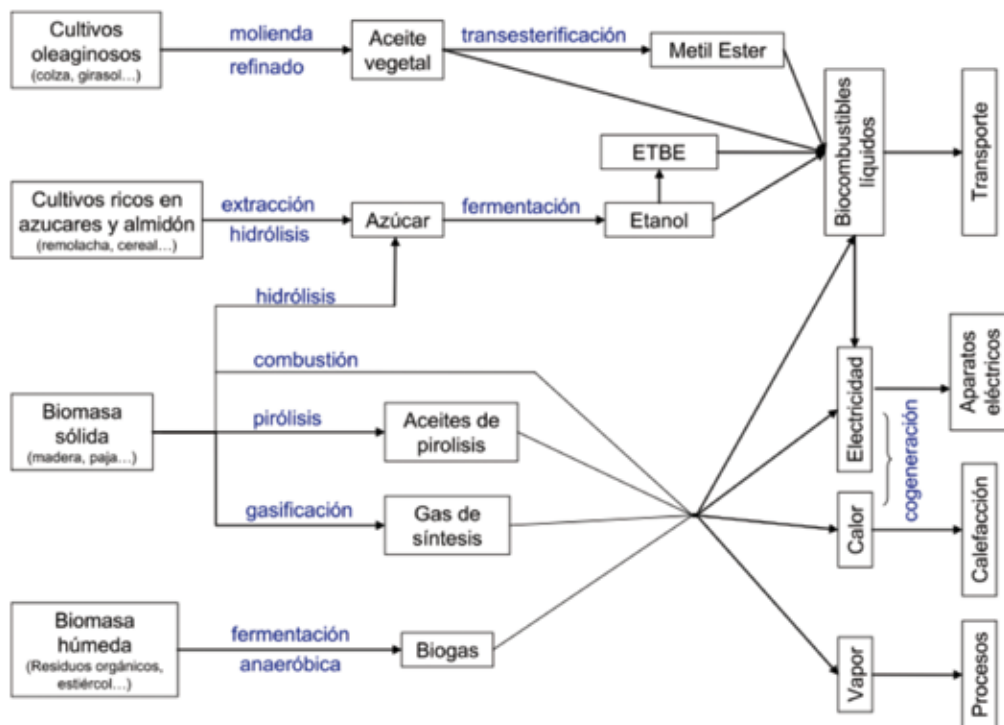


Figura 8.- Esquema con los diferentes procesos aplicados a la biomasa para la obtención de energía.
Fuente: CENER

Por tanto, podemos considerar la bioenergía como un sector heterogéneo, teniendo en cuenta las materias primas que utiliza, las opciones tecnológicas que se deben considerar según las características de ésta y, por último, en la aplicación que puede tener la energía obtenida en el proceso.

A continuación se describen con mayor detalle cada uno de los principales productos que se pueden obtener en la conversión de la biomasa en energía.

1.3.1. Biocarburantes

Se denominan biocarburantes a los biocombustibles líquidos que son utilizados para el transporte. Los biocarburante más conocidos son el biodiésel, que sustituye al diésel y el bioetanol que sustituye a la gasolina.

Los biocombustibles líquidos son separados en diferentes "generaciones" en función de su estado de desarrollo y las materias primas empleadas. Los biocombustibles denominados de 1ª Generación, principalmente el bioetanol y el biodiésel, se producen generalmente a partir de materias primas que también son utilizadas en alimentación, como puede ser la caña de azúcar o la remolacha, el almidón, los aceites vegetales o las grasas animales. En este caso se utilizan tecnologías comerciales maduras.

En el caso de los biocombustibles de 2ª Generación, en el que también se incluye el diésel sintético y aceites vegetales hidrogenados, se utilizan materias primas que no entran en el circuito alimentario como son las biomásas lignocelulósicas y se utilizan procesos de conversión más complejos. Sin embargo, en este caso las tecnologías todavía se encuentran en un estado inmaduro y necesitan un mayor grado de desarrollo e investigación para demostrar que realmente son operativas a escala comercial y que son viables económicamente, con unos costes competitivos. El actual nivel de actividad en esta área indica que estos procesos tecnológicos alcanzarán un nivel comercial probablemente en el tramo final de la presente década.

Existe también una 3ª Generación de biocombustibles líquidos, los cuales incluyen nuevas rutas de conversión estando en el primer estado de desarrollo (por ejemplo biocombustibles de algas) y se requiere un esfuerzo considerable antes de llegar a ser una opción competitiva para el mercado energético.

La capacidad de biocombustibles líquidos a nivel mundial en el 2008 fue aproximadamente de 78.000 millones de litros [6] (85% de bioetanol y el 15% de biodiésel) y representan el 1,5% del consumo de combustibles en el transporte. El 99% de esta producción se obtuvo mediante procesos pertenecientes a la 1ª Generación [7]. Se espera que la producción se incremente un promedio de un 6-8% cada año, sobretodo por la implantación de tecnologías de 2ª Generación, llegando a suponer un 5% o 6% de combustibles utilizado en transporte para el año 2030 [3].

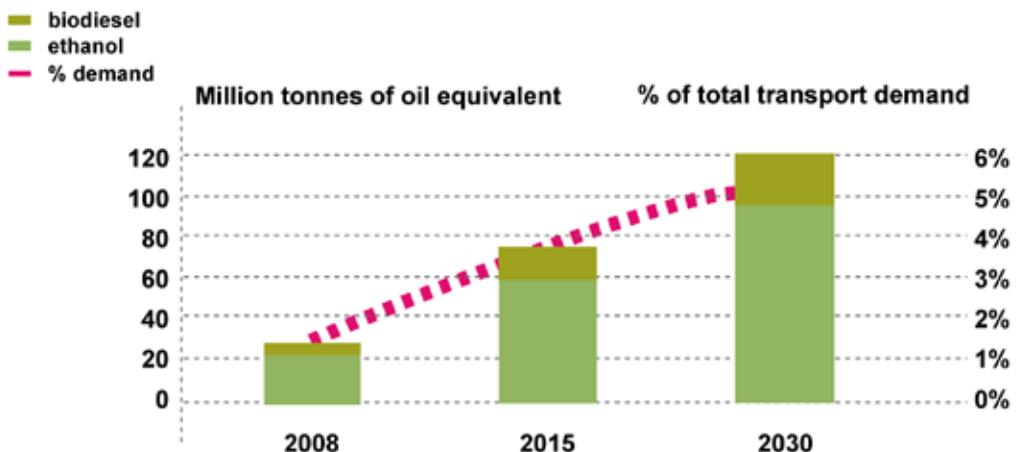


Figura 9.- Proyección del consumo de biocombustibles y porcentaje del consumo de combustibles en el transporte hasta el año 2030.

Fuente: IEA Bioenergy Task 39. Mabee, W. and Sadler, J. Commercializing 2nd-generation liquid biofuels from biomass. Progress and Challenges in R&D. Dresden, Germany, 3 June 2009.

La producción de biocombustibles de 1ª Generación (bioetanol y biodiésel) se caracteriza por el uso de tecnologías maduras y comerciales. De hecho, se han desarrollado varias normas de calidad (ASTM, EN, ABNT) con el objetivo de desarrollar un mercado de comercio internacional de biocombustibles. También hay un compromiso para armonizar todas las normas internacionales bajo la supervisión de la ISO.

Las rutas de conversión de la biomasa en biocarburantes de 2ª generación se dividen en bioquímica (basada en la hidrólisis enzimática y procesos de fermentación) y termoquímica (la llamada "biomasa a líquido" o BTL, con base en los procesos de gasificación y síntesis química). Estas rutas también se pueden combinar para el despliegue de nuevos conceptos de biorrefinería.

La producción de biocombustibles de 2ª generación a partir de biomasa lignocelulósica se encuentra en fase piloto, aunque actualmente se están desarrollando proyectos de demostración. Por otro lado, la construcción de Bio-refinerías se sitúa, de alguna manera, por detrás de la producción de biocombustibles lignocelulósicos y es improbable que se construyan plantas hasta el 2015. En este contexto, en el plan conjunto de la UE para la investigación en tecnologías de bajo carbono [16] ha definido las siguientes acciones con el objetivo de acercar estas tecnologías a explotación industrial.

- Dentro de las vías termoquímicas: la producción de gas de síntesis (syngas) como intermediario, que se limpia, antes de ser pasado a través de un proceso de síntesis de Fischer-Tropsch para crear una gama de combustibles líquidos (por ejemplo, gasolina, nafta, queroseno o diesel, conocidos como BTL²) y productos químicos y la producción de bio-metano y otros materiales sintéticos de bio-combustibles gaseosos por gasificación.
- En las vías bioquímicas: el uso de agentes biológicos (enzimas y microorganismos) para llevar a cabo la extracción de polímeros, la hidrólisis en sus monómeros de azúcar y la fermentación para producir bioetanol y otros bioproductos (alcoholes superiores, por ejemplo: butanol) con la producción simultánea de co-productos de valor añadido.

Dentro de este contexto se estima que en la Unión Europea se construirán en esta década entre 7 y 12 plantas de demostración y entre 14 y 22 plantas industriales.

1.3.2. Calor

La tecnológica de conversión de la biomasa para la generación de calor esta basada principalmente en la combustión. Se pueden diferenciar dos tipos de usos finales bien distintos:

- Usos domésticos, generalmente instalaciones de baja potencia que proporcionan calor ambiente y en algunos casos agua caliente sanitaria. Los principales equipos son estufas y calderas.
- Usos industriales, el calor generado es utilizado en los procesos de producción de la industria. En este caso la potencia de los equipos es considerablemente mayor y es posible implantar soluciones técnicas que pasen por la cogeneración (producción de electricidad y calor conjunta).

En los últimos 20 años, los equipos que utilizan biomasa han experimentado un avance considerable. Las emisiones han caído en dos órdenes de magnitud y los rendimientos han alcanzado el mismo nivel que las calderas de gasoil o de gas:

- El estado actual de la tecnología de las calderas automáticas parece haber aumentado su rendimiento de un 60 % a un 85 – 92 % durante la década pasada.
- Además se ha logrado una disminución de las emisiones del CO desde valores del rango de 5.000 mg/m³ hasta valores de 50 mg/m³ y menores.

2 BTL: Biomass to Liquid.

Este progreso ha incluido la fiabilidad de operación de una caldera automática. El estado actual de desarrollo tecnológico de estas calderas permite que la limpieza de las superficies de intercambio y la extracción de cenizas sean automáticas. Estos sistemas de calefacción arrancan automáticamente y modulan la potencia según la demanda. Sin embargo, hay que destacar, que hay una amplia gama de calidades disponibles en el mercado. La selección cuidadosa de una caldera de alta calidad es esencial para realizar con éxito un proyecto. Sin embargo un sistema de calefacción con biomasa necesita algo más de espacio para la caldera, el silo de combustible y el acceso para un buen suministro de combustible.

En este punto es importante señalar el papel protagonista que están jugando los pelets. Las ventajas más destacables que presentan son:

- Disminuir el coste de almacenamiento y transporte, debido al aumento de la densidad energética con respecto a otros biocombustibles.
- Facilitar su manejo como combustible, ya que al uniformizarlo, permite la aplicación de sistemas de alimentación automáticos.



Figura 10.- Pelets de madera
Fuente: CENER

- Mejorar su conservación durante largos períodos de almacenaje: reducir considerablemente las pérdidas por degradación y evitar ganancias de humedad, con la consiguiente pérdida de poder calorífico.

La producción de pelets se realiza con equipos específicos denominados peletizadoras o granulatoras. Funcionan mediante la presión que ejercen una serie de rodillos situados sobre una matriz metálica, dotada de una serie de orificios. La presión obliga al material a pasar por los orificios de la matriz, adquiriendo la forma cilíndrica que caracteriza a los pelets.

Los pelets se fabrican básicamente a partir de materia prima leñosa de origen forestal. Las características más importantes de este tipo de pelets son:

- Tamaño: diámetro 6-10 mm y longitud 10-30 mm.
- Densidad aparente: 650 – 700 kg/m³.
- Contenido energético: 16,9-18.0 MJ/Kg.
- Contenido de humedad: 8 -12 %.

En la actualidad hay líneas de investigación dedicadas a la producción de materias primas de origen herbáceo para la producción de pelets, como puede ser la paja de cereal, que se adecúan a las exigencias de las calderas o estufas donde vayan a ser utilizados.

Como referencia útil para los posibles usuarios de pelets, indicar que aproximadamente un litro de gasóleo corresponde a poco más de dos kilos de pelets.

1.3.2.1. Usos domésticos

Estufas

Las estufas de biomasa son quizás una de los métodos tradicionales de calefacción, proporcionando confort y valor estético a la habitación donde se encuentran, sirviendo muchas veces como apoyo a otro sistema de calefacción principal. Las estufas modernas alcanzan alrededor de un 80% de eficiencia en comparación con las chimeneas abiertas en las que los rendimientos alcanzan un 30%, con la consecuente pérdida de calor. Pueden aceptar como combustibles, entre otros tipos de biomasa, leñas, astillas de madera o pelets. Por lo general, se utilizan estufas para calentar una habitación individual, pero algunos modelos tienen pequeños tanques de agua en la parte trasera que absorben el calor de esta zona y mediante un intercambiador pueden calentar el agua del sistema de calefacción de la casa. La potencia de estas estufas oscila entre 6 y 12 kW de calor, lo cual sería suficiente para calentar una casa pequeña, o servir de apoyo a otros sistemas.



Figura 11.- Estufa de Pellet.
Fuente: Lacunza

Calderas



Figura 12.- Esquema de funcionamiento de la caldera.
Fuente: CT Pasqualicchio

Las calderas de biomasa pueden ser alimentadas automáticamente por medio de tornillos sinfín conectados a tolvas que almacenan el combustible. Los pelets y las astillas son apropiados para estos sistemas, sin embargo los pelets son más eficientes ya que su tamaño y densidad uniforme proporciona una generación de calor constante. El hecho de disponer de una tolva de alimentación permite que no sea necesaria la adición diaria de combustible en bolsas a la caldera. Esto hace que a la hora de instalar estos equipos sea necesario contar con un espacio suficiente donde colocar la tolva de almacenamiento.

El control automático de la combustión por medio de sondas lambda y la retirada automática de las cenizas está ya disponible en las nuevas calderas, permitiendo un funcionamiento autónomo de los equipos. Los equipos deben ser instalados con un tanque de agua caliente por separado para actuar como un depósito térmico

Generalmente, estas calderas necesitan una limpieza más frecuente que las de gas o gasoil. El usuario también deberá gestionar el suministro de combustible (al igual que ocurre con el gasoil) y la eliminación de las cenizas.

El IDAE ¹ realiza las siguientes recomendaciones a la hora de la instalación de una caldera para uso doméstico:

- Rendimiento: mayor del 75%.
- Emisiones de CO: menores de 200 mg/m
- Emisiones de partículas: menores de 150 mg/m
- Sistema automático de limpieza de los intercambiadores de calor y de extracción de cenizas.
- Control remoto de la caldera por el fabricante o instalador.
- Alta fiabilidad, fácil operación y mantenimiento confirmado por experiencias en proyectos similares no industriales.
- Cumplimiento por parte de los equipos de todas las normativas europeas, nacionales, regionales y locales vigentes a la fecha de la instalación.
- Antes de instalar una caldera de biomasa en su domicilio, es necesario el suministro de biomasa por parte de un proveedor de confianza.

Centrales de Distribución del Calor

Se denomina así a la tecnología para producir calor y/o frío y agua caliente sanitaria desde una única central a múltiples usuarios o edificios. La distribución desde la planta central hasta los usuarios se realiza mediante agua caliente o refrigerada, a través de una red de tuberías pre-aisladas. Cada usuario dispone, de forma independiente, del servicio de calefacción refrigeración y agua caliente sanitaria. En la entrada de cada casa o edificio existirá un intercambiador en el cual desde la red general se transfiere el calor a los circuitos internos. El hecho de tener un solo equipo de un mayor tamaño permite tener unos rendimientos mayores en la conversión energética, a la vez que para el usuario resulta un sistema más cómodo ya que no se tiene que preocupar del mantenimiento y del suministro de biocombustibles de la caldera. En estos casos lo que se factura al usuario es el calor consumido.



Figura 13.- Esquema de una central de distribución de calor.
Fuente: IDAE.

1.3.2.2. Usos industriales

En el sector industrial la demanda de calor bien sea para calefacción o procesos industriales, suele ser mayor que en el sector doméstico, con lo que se utilizan calderas de biomasa cuyas potencias son superiores a las que podemos encontrar en las viviendas. Por su tamaño y diseño estas calderas admiten unos biocombustibles más heterogéneos en cuanto a su distribución de granulométrica, unos porcentajes de humedad algo más altos y unos contenidos en cenizas algo superiores a los biocombustibles que tendría que utilizar una caldera doméstica. Esto hace posible utilizar una mayor gama de combustibles, buscando opciones que en precio sean competitivas dentro del mercado de biocombustibles sólidos.

1.3.3. Electricidad

Las tecnologías de conversión para la producción de electricidad, o electricidad y calor conjuntamente (cogeneración) a partir de biomasa, son la combustión (incluyendo la co-combustión y las plantas de combustión de biomasa), la gasificación de biomasa sólida y la digestión anaeróbica de materia orgánica para la producción de biogas. Cada una de estas tecnologías pueden ser interesantes en diferentes situaciones. Se implantan, por ejemplo en:

- Plantas de co-combustión en aquellos países en los que ya existen de plantas de carbón.
- Plantas de combustión, principalmente las de cogeneración, en industrias de pasta de papel y papel, en las industrias agroalimentarias o en sistemas de calefacción centralizado.
- Plantas de generación de electricidad a partir de biomasa en zonas con alto potencial de materia prima.
- Unidades de digestión anaeróbica y vertederos con captación de gas asociados al tratamiento de residuos municipales y de la industria.

A continuación se muestra una figura en la que se puede observar el estado de desarrollo que se encuentran las diferentes tecnologías.

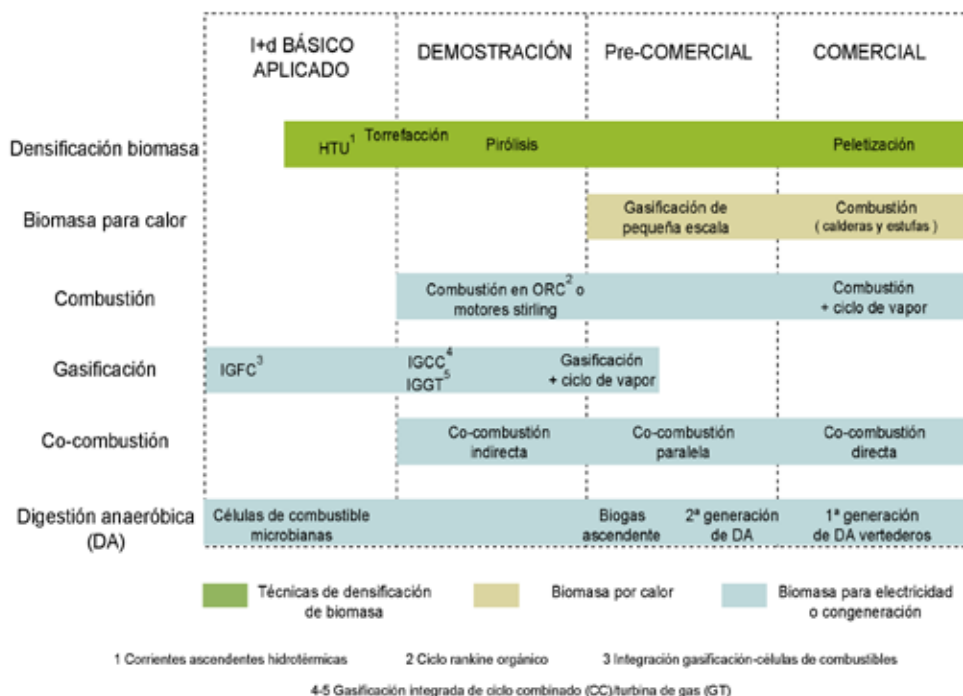


Figura 14.- Estado de desarrollo de las principales tecnologías de tratamiento de biomasa (verde), de generación de calor (naranja) y de generación de electricidad/CHP (azul).

Fuente: IEA Bioenergy 2009, Bioenergy a Sustainable and Reliable Energy Source. A review of Status and prospects. IEA BIOENERGY: ExCo: 2009:6.

1.4. Aspectos económicos

En general, queda todavía un amplio camino que recorrer en el sector de la bioenergía, impulsado más por los ambiciosos objetivos marcados para ella en la matriz energética actual, que realmente por el interés industrial mostrado hasta la fecha. Diversos son los motivos que hacen que las inversiones en este sector no resulten atractivas. Entre ellos se pueden destacar:

- En general, elevado coste de las materias primas, que pueden variar de forma importante en función de:
 - Implantación de la industria de la madera y agroalimentaria que generen residuos que se puedan valorizar energéticamente.
 - Grado de mecanización de los sistemas de aprovechamiento que permitan la recogida de la biomasa optimizando costes. En el sector forestal estará condicionado por la orografía del terreno y a los accesos disponibles.
- Dificultad de asegurar un suministro estable en el tiempo tanto en cantidad como en coste de las instalaciones, lo que genera dificultades en encontrar financiación externa para la construcción de plantas.
- Las fluctuaciones en los costes de inversión pueden perjudicar de manera importante la rentabilidad de la operación.
- Importación de biocombustibles de terceros países con precios de producción más bajos.

Un aspecto económico a considerar en todos los procesos descritos es el coste de la materia prima. Aunque los motivos pueden ser diferentes según del tipo de materia prima que se trate, el problema común es el elevado precio de la misma.

En el caso de la producción de biocarburantes, se trata de un mercado mundial, con precios ya establecidos según el mercado alimentario. En los últimos años se han registrado importantes fluctuaciones en los precios ya que, por diversos cambios climatológicos que se han producido se ha registrado una bajada en la producción. Además, hay que considerar que el mercado de los biocarburantes ya es un mercado internacional, donde la máxima de las energía renovables de ser una producción localizada cerca de los centros de consumo no se está cumpliendo.

En el caso de los biocombustibles sólidos, los elevados costes se deben a una dificultad en la gestión y optimización de los procesos necesarios para su recogida y manejo hasta que estos lleguen a la planta. A continuación se presenta una tabla con los costes desglosados según las fases del aprovechamiento de los diferentes tipos de biomasa según origen.

<i>Precios en €/t.</i>	Cultivos energéticos	Residuos silvícolas	Residuos agrícolas	Residuos industriales agrícolas	Residuos industriales forestales
Costes/precio de generación	35	0	6	0	0
Costes de manipulación en origen (empacado, saca, astillado, recogida...)	12	35	20	0	0
Costes de transporte a planta	9	12	9	10	15
Costes de manipulación en planta (secado, astillado fino, desempacado...)	18	15	15	10	5

Total coste de producción	74	62	50		
Precio de mercado	---	---	---	35,00	30,00
Margen comercial (sólo para tareas afectadas)	8,40	7,05	5,25	1,50	2,25
Total, precio de mercado puesto en planta	82,40	69,05	55,25	56,50	52,25

Tabla 6.- Precio de diferentes tipos de biomasa según APPA. Se considera un margen comercial en los precios de mercado del 15% y transporte máximo de 40 km a planta con humedad apropiada para ser utilizada en la instalación.

Fuente: Asociación de Productores de Energías Renovables. 2006 (APPA 2006)

Un ejemplo de la variación que puede existir en el coste de aprovechamiento de la biomasa se puede ver en el caso de los residuos forestales. Mientras los costes en países del norte de Europa como Finlandia, donde el mercado de la biomasa forestal se está consolidado, se puede situar en una horquilla entre 8,4–12,8 €/Mwh [11], en el caso de España la Asociación de Empresas Forestales (ASEMFO) sitúa estos costes entre 15-20 €/Mwh [12].

Otras de las dificultades que se han encontrado los promotores de plantas de biomasa han sido las fluctuaciones de los costes de inversión que se han registrado en los últimos años debido al aumento de los costes de los insumos necesarios para la construcción de las plantas y un incremento en la construcción de plantas en Europa que han saturado a los escasos tecnológicos disponibles en el sector.

A continuación se presenta una tabla en la que se muestra el orden de magnitud de la inversión que es necesaria en algunos de los tipos de plantas que se están promocionando en la actualidad para la generación de electricidad y calor.

Tecnología	Tamaño	Suministro biomasa	Inversión equipos	Comentarios
Gasificación*	1 Mw	8.000 t/año	3-4 millones €	Punto de enganche red
Combustión*	15 Mw	100.000 t/año	30 millones €	Punto de enganche red
Peletización	---	30.000 t/año	4-5 millones €	Calidad materia prima
Aplicación térmicas	500 kw	400 t/año	150.000 €	---

Tabla 7.- Coste de inversión de diferentes tecnologías de conversión de biomasa para la generación de calor y electricidad. En los costes de inversión no se consideran los costes de terrenos necesarios.

Fuente: CENER

En el caso de España existe una retribución regulada a la electricidad producida a partir de biomasa. El Real Decreto 661/2007 que regula la producción de energía eléctrica en régimen especial, en su artículo 24 establece los mecanismos de retribución, que pueden ser dos:

1. Venta de la electricidad a una tarifa regulada.
2. Venta de la electricidad a precio mercado a los que se le sumaría una prima hasta llegar a un límite superior marcado en su precio.

En ambos casos, tarifa regulada o prima, la cuantía va ser diferente en función del origen de la biomasa que se aproveche para la producción de energía. Por tanto, para fijar estos valores este mismo Real Decreto establece unos grupos concretos de retribución. Estos grupos son:

Grupo b.6.

- b.6.1. Cultivos energéticos.
- b.6.2. Residuos de las actividades agrícolas o de jardinerías.
- b.6.3. Residuos de aprovechamientos forestales y otras operaciones silvícolas.

Grupo b.7.

- b.7.1. Biogás de vertederos.
- b.7.2. Biogás generado a partir de:
 - Residuos biodegradables industriales,
 - Lodos de depuradora de aguas urbanas o industriales,
 - Residuos sólidos urbanos,
 - Residuos ganaderos, agrícolas y otros
- b.7.3. Estiércoles mediante combustión y biocombustibles líquidos.

Grupo b.8.

- b.8.1. Biomasa procedente de instalaciones industriales del sector agrícola
- b.8.2. Biomasa procedente de instalaciones industriales del sector forestal
- b.8.3. Licores negros de la industria papelera.

1.5. Aspectos ambientales

Uno de los puntos fuertes de las energías renovables en general y de la biomasa en particular, son los beneficios ambientales que aportan frente a las fuentes de energía tradicionales. Por lo tanto, de los beneficios ambientales del aprovechamiento de la biomasa se puede destacar:

- Utilización de una energía renovable, sujeta al desarrollo local.
- Reducción de emisiones CO², ya que se considera que el balance neto de emisiones es cero. Esto ayudaría de forma significativa al cumplimiento de los compromisos del Protocolo de Kyoto.
- Valorización energética de residuos que en muchos casos supondrían un problema medioambiental.

Por otro lado, una sobreexplotación del recurso puede traer problemas en el medioambiente en aspectos como la reducción del stock de carbono del suelo o reducción de la biodiversidad. Para prevenir estos aspectos adversos, la Unión Europea ha puesto en marcha la aplicación de los criterios de sostenibilidad que vienen recogidos en la Directiva 2009/28/CE [3] *para el Fomento del Uso de Energías Renovables*.

Esta Directiva desarrolla una metodología para el cálculo de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en el aprovechamiento de la biomasa, tanto para producción de biocombustibles líquidos como para la generación de calor y electricidad. Como se ha comentado anteriormente, el aprovechamiento energético de la biomasa tiene un balance neto neutro de CO₂. Esta consideración se hace ya que el CO₂ que es emitido a la atmósfera a la hora del aprovechamiento, ha sido fijado previamente por los organismos vegetales durante su crecimiento. Esto no deja de ser una simplificación, ya que si se evalúa todo del ciclo de vida de la cadena de aprovechamiento de la biomasa, se identifican en las diferentes etapas de su aprovechamiento, como pueden ser la generación de la biomasa, transporte, tratamiento de la biomasa o su conversión energética, la producción de emisiones de gases de efecto invernadero. Aun así, en comparación con fuentes de energía fósiles, las reducciones en emisiones de GEI son importantes, como se puede ver en la figura que se presenta a continuación para el caso de la producción de calor y electricidad.

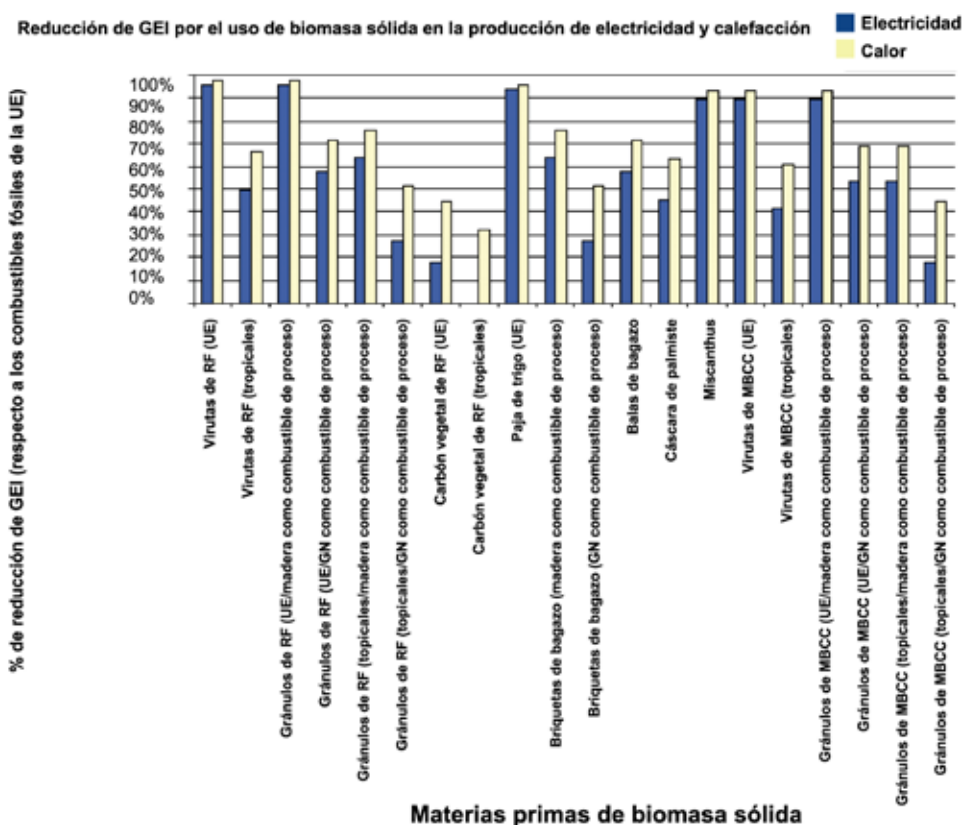


Figura 15.- Emisiones típicas de gases efecto invernadero de la biomasa sólida.
Fuente: Report on sustainability requirements for the use of solid and gaseous biomass sources in electricity, heating and cooling. JRC. European Commission.

En el caso concreto de los **biocarburantes y otros biolíquidos**, para evaluar el cumplimiento de los objetivos nacionales definidos en la Directiva 2009/28/CE, como ya se ha indicado con anterioridad, los biocarburantes deberán ser producidos cumpliendo unos requisitos de sostenibilidad. Además de otros criterios, mediante procesos que alcancen unos valores mínimos de reducción de GEI.

En el artículo 17. de esta Directiva se recogen los criterios de sostenibilidad establecidos para biocarburantes y otros biolíquidos, que se indican a continuación:

1. Para todos los biocarburantes y biolíquidos (incluidos los elaborados con residuos y desechos que no tengan origen agrícola, forestal o pesquero) se exige el cumplimiento de los valores mínimos de reducción de GEI en sus procesos de producción. La reducción mínima a conseguir hoy en día es del 35%, pero se incrementará progresivamente del siguiente modo:
 - Reducción mínima del **35%** para los biocarburantes producidos en instalaciones que ya están en funcionamiento en enero de 2008. Esta obligación será aplicable a partir del 1 de abril del año 2013.
 - Reducción mínima del **50%** a partir del año 2017.
 - Reducción mínima del **60%** en instalaciones que se pongan en funcionamiento a partir del año 2017.
2. Para la producción de biocarburantes y otros biolíquidos (excepto los elaborados con residuos y desechos que no tengan origen agrícola, forestal o pesquero) se prohíbe utilizar materias primas procedentes de tierras de elevado valor en cuanto a su biodiversidad. Es decir; tierras que en enero de 2008 eran (independientemente de que sigan siéndolo o no en el momento de su aprovechamiento):
 - a) Bosques primarios, inalterados por la actividad humana.
 - b) Zonas designadas con fines de protección de la naturaleza. Zonas para la protección de ecosistemas o especies escasas, amenazadas o en peligro.
 - c) Prados y pastizales naturales (que seguirían siéndolo sin la intervención humana), con rica biodiversidad. La Comisión determinará los criterios y las áreas geográficas englobadas en este apartado. Prados y pastizales no naturales (que dejarían de serlo sin la intervención humana), con rica biodiversidad, salvo que se demuestre que su explotación es necesaria para preservar su condición.
3. Para la producción de biocarburantes (excepto los elaborados con residuos y desechos que no tengan origen agrícola, forestal o pesquero), prohibición de utilizar materias primas procedentes de tierras con elevado contenido de carbono, es decir, que en enero de 2008 eran (y ya no lo son en el momento de su aprovechamiento):
 - a) Humedales.
 - b) Zonas arboladas continuas (cubierta de copas superior al 30%).
 - c) Zonas arboladas discontinuas (cubierta de copas entre 10% y 30%), salvo que se demuestre que el cambio en el stock de carbono en el suelo debido al cambio en el uso del mismo posibilita el cumplimiento de la reducción mínima de GEI. Quedan excluidas de esta prohibición las materias primas obtenidas en estas tierras si se siguen manteniendo la situación existente en enero de 2008 en el momento de su aprovechamiento.

4. Para la producción de biocarburantes y otros biolíquidos (excepto los elaborados con residuos y desechos que no tengan origen agrícola, forestal o pesquero), se prohíbe utilizar materias primas extraídas de tierras que en enero de 2008 eran turberas, salvo que se demuestre que su aprovechamiento no conlleva el drenaje de suelos drenados con anterioridad.
5. Las materias primas agrícolas cultivadas en la UE y utilizadas para producción de biocarburantes se obtendrán conforme a los requisitos y normas del Reglamento 1782/2003 (ecocondicionalidad y buenas prácticas agrarias y medioambientales).

Se prevé que para usos energéticos de la biomasa para la producción de calor y electricidad, la Comisión establezca para el 2012 unos criterios de sostenibilidad similares a los ya indicados para los biocarburantes y otros biolíquidos.

En cuanto al hecho de las emisiones producidas durante la combustión de la biomasa, se destacan una serie de características favorables comparada con combustibles tradicionales como son el gas natural y el gasoil:

- Disminución de las emisiones de azufre.
- Disminución de las emisiones de partículas.
- Emisiones reducidas de contaminantes como CO, HC y NOx.
- Reducción del mantenimiento y de los peligros derivados del escape de gases tóxicos y combustibles en las casas.

La tabla que se presenta a continuación compara las emisiones de calderas modernas medidas en operación real en una muestra de escuelas públicas en Austria [15]. En estas mediciones las calderas de biomasa tenían emisiones más bajas o similares de SO₂, emisiones levemente más altas de NOx y CO y emisiones más altas, pero aceptables, de partículas.

	Gasóleo de calefacción	Gas natural	Astillas de madera pellets
CO	10	150	250
SO ₂	350	20	20
NOx	350	150	350
Partículas	20	0	150
NMVOC	5	2	10

Tabla 8.- Emisiones en mgr./kWh sobre energía suministrada.
Fuente: IDAE

Al comparar el impacto ambiental, no sólo las emisiones de la caldera deben ser examinadas, también es necesario considerar el ciclo completo de la producción de la energía. Como se ha indicado anteriormente, las emisiones también son causadas durante la fabricación, el transporte del combustible y otros procesos (por ejemplo, la fabricación y la eliminación de la caldera).

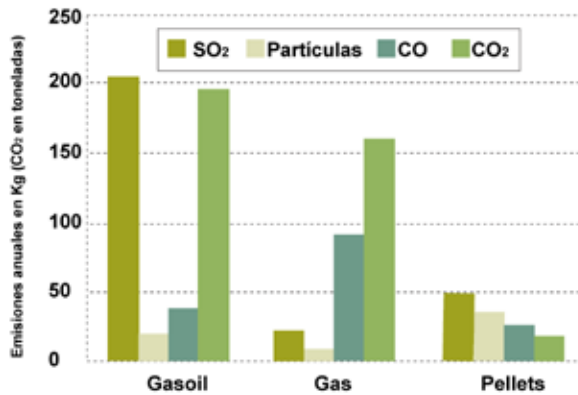


Figura 16.- Comparación de las emisiones del ciclo de vida para distintos combustibles.
Fuente: IDAE

Al considerar todo el ciclo de vida de producción y uso de los diferentes combustibles, se observa que las emisiones de un biocombustible sólido elaborado, como son los pellets, alcanzan valores inferiores en todos los casos excepto para la emisión de partículas y SO₂ comparado con el gas. Esto es debido a los sistemas de extracción y producción, y al transporte necesario para la utilización de los combustibles fósiles.

Además de los aspectos relacionados con las emisiones, hay otros aspectos medioambientales a destacar. Por ejemplo, en el caso de la biomasa forestal, el aprovechamiento de los restos que quedan en el monte tras las diferentes intervenciones silvícolas conlleva una retirada de los mismos, realizándose la limpieza de los montes. Esta labor de gestión de los restos forestales, que en la actualidad no se realiza de manera sistemática, se vería así claramente incentivada, con sus consiguientes beneficios en el mantenimiento de los montes, la lucha contra los incendios y la eliminación de plagas.

2.

Ejemplos Prácticos

2.1. Cultivos Leñosos en Corta Rotación (Euroinnova)

Nombre del proyecto

Parcelas de ensayo de cultivo de chopo en corta rotación para la producción de biocombustibles sólidos.

Promotor

Proyecto Euroinnova en el que participan las siguientes empresas y organismos (Fundagro, Universidad Pública de Navarra, Acciona Energía, Boscalia, Grupo ENHOL y CENER).

Localización

En Peralta y Corella (Navarra), y en Alfaro (La Rioja).

Fecha de implantación de parcelas

Las parcelas fueron implantadas en marzo de 2008 en Peralta y Alfaro, y en marzo de 2009 en el caso de Corella.

Objetivo del proyecto

El objetivo del proyecto es (por medio de la implantación y seguimiento de parcelas de ensayo y demostrativas de plantaciones de chopo en corta rotación) evaluar la viabilidad real de esta especie como fuente de biomasa para el sector energético en las condiciones de Navarra y La Rioja. Se pretende conseguir un mayor conocimiento del cultivo y que las empresas participantes en el mismo, si los resultados son positivos, puedan implantarlo de forma industrial.

El término **Cultivos en Corta Rotación** (SRC, en sus siglas en inglés) se refiere al cultivo, para la producción de biomasa, de las especies forestales de crecimiento rápido que implantadas con una alta densidad y gestionadas con técnicas de cultivo adecuadas, se recolectan en ciclos breves.

Las características que deben presentar las especies vegetales para ser apropiadas para este fin son las siguientes:

- El mayor rendimiento productivo.
- Una buena relación entre su poder calorífico y el rendimiento anual.
- Susceptibles de implantarse en diferentes agroambientes y latitudes.
- Rápido crecimiento juvenil.
- Capacidad de rebrote.
- Adaptación a períodos de déficit hídrico.
- Tolerancia a problemas fitopatológicos.
- Requerimiento mínimo de fertilizantes y fitosanitarios.
- Persistencia plurianual del cultivo.
- Balance energético muy positivo respecto a otros cultivos productores de biomasa.

Las principales especies forestales de crecimiento rápido adecuadas para el SRC son:

- Chopo (*Populus* spp.)
- Sauce (*Salix* spp.)
- Robinia (*Robinia pseudoacacia*)
- Eucalipto (*Eucalyptus* spp.)



Figura 17. Parcela con chopo en corta rotación.
Fuente: CENER

Descripción general de los ensayos

Para el objetivo marcado, los tipos de ensayos planteados han sido dos:

1. Ensayos en microparcels, cuyo objetivo es la realización de los ensayos de evaluación de técnicas de cultivo que ayuden a obtener un óptimo manejo del cultivo y un aumento de su rendimiento con menores costes de producción. Estos ensayos son:
 - Ensayo de fertilización.
 - Ensayo de clones de chopo.
 - Ensayo de especies.
 - Ensayo de densidades de plantación.
 - Ensayo de sistemas de plantación.
2. Ensayos demostrativos, que se implantaron en parcelas agrícolas, permitiendo estudiar el cultivo en unas condiciones semejantes a las de producción real, realizando el estudio de costes y recolección del cultivo.

Características principales del proyecto

Se trata de parcelas agrícolas de ensayos en microparcels y demostrativas con chopo en corta rotación sin afán de comercializar las producciones obtenidas. Los ensayos activos en este momento en cada una de las localizaciones son los siguientes:

Localidad	Riego	Ensayo demostrativo estaquilla	Ensayo demostrativo varas	Fertilización	Clones	Densidad	Especies
Alfaro	Inundación	Si (I214)	Si (IMC)	Si (IMC)	Si	Si (IMC) (malo)	Si (malo)
Buñuel	Inundación	Si (IMC)	Si (IMC)	No	Si	Anulado	Anulado
Corella	Goteo	No	No	Si (IMC)	Si	Si (IMC)	No

Las labores que son necesarias realizar en el terreno para la implantación y mantenimiento de los ensayos se describen a continuación:

- Preparación del terreno
- Plantación de estaquillas
- Trabajos de mantenimiento:
 - Dentro de estos trabajos se pueden destacar principalmente:
 - Riegos periódicos para mantener la humedad adecuada que requiere el cultivo.
 - Eliminación de malas hiervas.
 - Laboreo de calles entre microparcels y bordes de parcela.
- Recepe: es la acción de podar la planta en el primer año de crecimiento para de esta forma fomentar el crecimiento de yemas secundarias de la planta y que tome porte arbustivo.

Avance tecnológico

De la experiencia acumulada hasta la fecha se ha observado la importancia que tiene dejar el suficiente espacio entre calles para el control de las malas hierbas, sobre todo en la fase de pre-emergencia. Esto obliga a buscar densidades de plantación más bajas. En otros ensayos de chopo en SRC que se están realizando en España dentro del marco del proyecto On-cultivos, y que se encuentran más avanzados en los ciclos realizados, se está viendo el interés de disminuir también las densidades de plantación, ya que aunque el óptimo productivo en cantidad de biomasa aconseja densidades altas, el óptimo económico indica que esta densidad debe ser inferior, oscilando entre 6.000 y 10.000 plantas/ha.

Otro de los aspectos que se está cuestionando en el proyecto es la necesidad de realizar el recepe para incentivar el vigor de la planta, realizándose el primer corte directamente a los 2 o 3 años.

2.2. Centro de Tratamiento de Biomasa (CENER)

Nombre de la instalación

Centro de Tratamiento de Biomasa de CENER.

Promotor

Centro Nacional de Energías Renovables-CENER (www.cener.com).

Localización

Aoiz (Navarra).

Fecha de puesta en funcionamiento

Junio de 2009.

Objetivo de la instalación

El objetivo del CTB es el desarrollo de procesos avanzados de producción de biocombustibles sólidos a partir de un amplio rango de biomásas, combinando los procesos físicos convencionales con la torrefacción. El CTB forma parte del Centro de Biocombustibles de 2ª Generación (CB2G) de Aoiz. Esta instalación experimental permite:

- Desarrollar los procesos de torrefacción y peletizado.
- Optimización de las condiciones de operación.
- Ensayos de producción con diferentes biomásas.
- Caracterización energética de los biocombustibles producidos.

Descripción general de la instalación

El CTB incluye procesos tanto físicos de reducción de tamaño de partículas (picado, astillado), secado, molienda y peletizado, así como un sistema de tratamiento termoquímico avanzado (torrefacción). Se complementa con los equipos de laboratorio asociados al control de dichos procesos (bomba calorimétrica, análisis elemental, granulometría, "pellet tester", y estufas para la determinación de humedad y cenizas).



Figura 18. Vista general de equipo de torrefacción.
Fuente: CENER

Características principales

El CTB, conformado como planta piloto, ha sido diseñado para una capacidad de producción de 500 Kg. a la hora. Se han instalado para ello equipos industriales, y un prototipo pre-comercial en el caso del tratamiento termoquímico, en una configuración que permite tanto la operación continúa del conjunto de la planta como la operación de cada uno de los equipos de forma autónoma.

La planta esta capacitada para procesar biomásas de diferentes orígenes, tanto leñosa como herbácea. Algunos ejemplos de estas biomásas son: la paja de cereal, el residuo forestal, los cultivos energéticos o los residuos de la industria de la madera. En esta planta se obtienen diferentes tipos de biocombustibles sólidos como pueden ser astillas o pelets (incluido pelets torrefactados). La inversión realizada para la construcción de esta planta, sin contar los terrenos, alcanzan los 2 millones de euros. Ha recibido ayudas del Gobierno de Navarra y del Ministerio de Ciencia e Innovación.

La planta piloto de tratamiento de biomasa se divide en las siguientes zonas:

- Zona recepción de material.
- Zona de pre-tratamiento donde se realizará la reducción granulométrica de la biomasa y su secado.
- Zona de densificación en la que se realiza la molienda, las mezclas de las diferentes biomásas si fuera oportuno y su peletización.
- Zona de tratamiento térmico, donde se realiza la torrefacción de la biomasa.
- Zona de almacenamiento.
- Laboratorio de caracterización de biocombustibles sólidos.

La planta ha sido diseñada teniendo como criterio principal la versatilidad en su operación. Esta versatilidad comprende tanto a los tipos de biomasa que se pueden procesar en ella, en las operaciones a realizar a cada una de las biomásas según sus características y en los productos semi-elaborados a obtener a lo largo del proceso según las necesidades del proyecto.

La reducción del tamaño de partículas se realiza por medio de una picadora de paja para los materiales herbáceos y una trituradora para materiales leñosos. El tamaño de las partículas a la salida de estos equipos se regula mediante cribas entre los 15 mm y los 60 mm de diámetro de paso. Estos equipos están dotados de una tolva de alimentación y una capota superior para controlar la dispersión de partículas.

Para el secado de la biomasa se ha instalado un secador rotativo tipo tromel con capacidad de secar biomasa con un contenido de humedad máximo del 55%. Después del secado es necesaria una mayor reducción granulométrica del tamaño de partícula antes de su peletización.

Para ello se dispone de dos molinos trabajando en serie. El primero de ellos es un molino de martillos y el segundo de discos, con ambos se consigue regular que el tamaño final de partículas que se obtiene en cada ensayo sea desde 6 mm a 10 mm. A lo largo del trasiego de la biomasa se cuenta con los elementos necesarios para la eliminación de impurezas (metales, piedras...) y de esta forma no dañar los equipos, ni contaminar el producto final. Estos equipos son válidos tanto para materias primas leñosas como herbáceas.

Posteriormente, la biomasa llega al módulo de peletización que cuenta con la mezcladora con una capacidad de 1 m³, la peletizadora y los equipos para el enfriado y limpieza de los pelets producidos. La peletizadora instalada es de tipo matriz anular sobre la cual ejercen presión dos rodillos.

Por su parte, la torrefacción es un proceso termoquímico en el que se realiza un calentamiento progresivo de la biomasa hasta 230-300 °C, en atmosfera libre de oxígeno, manteniendo la biomasa a esta temperatura durante un periodo de tiempo comprendido entre los 10 y los 40 minutos.

En cuanto a la productividad, en lo que respecta al rendimiento másico, se sitúa entre un 85% a 90 % b.h. y el energético de un 90% a 95%.

Finalmente, en el laboratorio adjunto al CTB es posible realizar las analíticas tanto de la biomasa como de los biocombustibles obtenidos: determinación del poder calorífico, análisis elemental (C,H,N,S), granulometría, determinación de humedad, determinación de cenizas y ensayo de durabilidad de pelet.

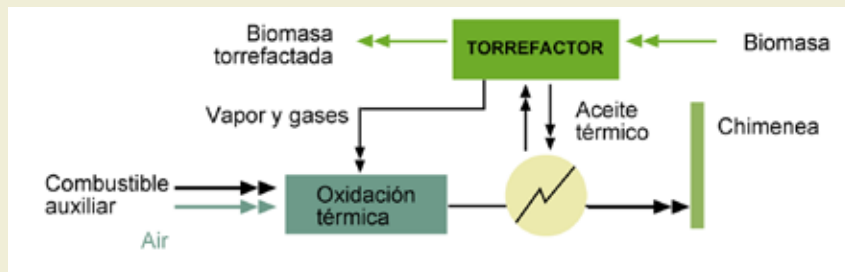


Figura 19. Esquema del proceso de torrefacción.

Fuente: CENER

Avance tecnológico

La principal ventaja tecnológica de esta planta es la incorporación de la torrefacción en la producción de biocombustibles sólidos. Las principales ventajas de la biomasa torrefacta son:

- Es friable, lo que reduce de forma significativa los costes de acondicionamiento y molienda.
- Resulta menos fibrosa que la original, lo que facilita su manejo y la alimentación de la caldera.
- Resiste a ataques biológicos, siendo homogénea y manteniendo sus cualidades estables.
- El contenido de humedad es bajo, alrededor del 3-4% b.h., no sufriendo variaciones con el tiempo incluso en largos periodos de almacenamiento.
- Su poder calorífico inferior es superior a la biomasa de partida, siendo alrededor de 19-20 MJ/Kg.
- Las características anteriormente descritas le confieren ventajas claras para su almacenamiento y transporte en la gestión logística del suministro de grandes cantidades.

2.3. District Heating (Valle de Ultzama-Navarra)

Nombre de la instalación

Sistema de calefacción centralizada por medio de biomasa.

Promotor

Ayuntamiento de Ultzama.

Localización

Larraitzar (Navarra).

Fecha de puesta en funcionamiento

Junio de 2009.

Objetivo de la instalación

Disponer de calefacción y agua caliente sanitaria en ocho edificios municipales (los edificios del Ayuntamiento, el colegio público, servicios sociales, el centro de salud, el centro cívico, las piscinas municipales, el frontón y el polideportivo) de una manera más eficiente y respetuosa con el medioambiente, a la vez que se da un uso a la madera del propio valle, generando empleo local.

Descripción general de la instalación

En el entorno del Ayuntamiento de Ultzama, en Larraitzar se concentran casi todos los servicios públicos municipales. Ubicados en tres parcelas municipales que abarcan aproximadamente 40.000 m², siendo la superficie total construida de unos 10.590 m².

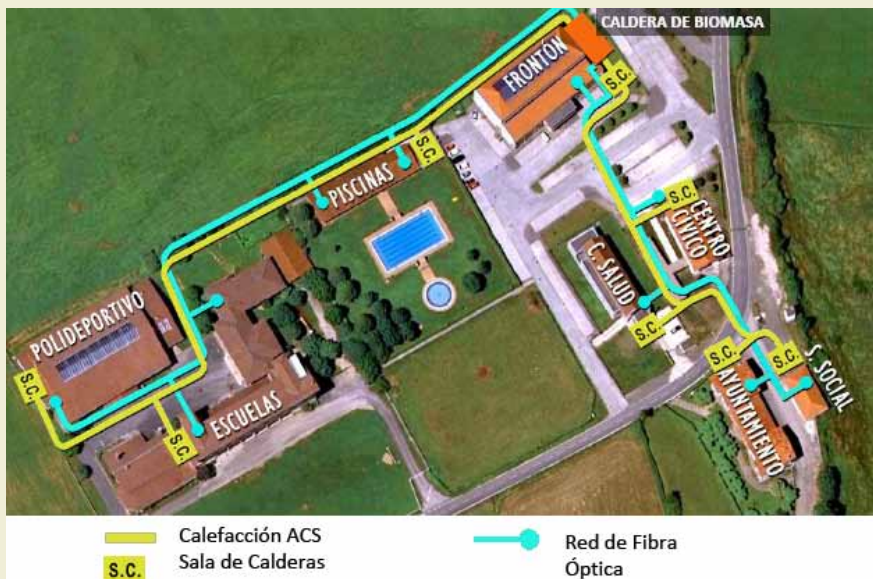


Figura 20. Esquema de distribución de sistema centralizado de calefacción y ACS.

Fuente: Ayuntamiento de Ultzama

El sistema de calefacción consta de tres calderas con una potencia total de casi 800 KW, y de subestaciones individuales en cada recinto, con medición de consumo y control remoto vía internet. La biomasa se almacena en dos silos diferenciados de setenta metros cúbicos para la biomasa de origen forestal y treinta metros cúbicos para "pellets".

Se ha adoptado el sistema de agua caliente impulsada mediante bombas, con un sistema bitubular (ida y retorno) para la distribución del fluido calefactor en el circuito primario y el agua fría para la producción de ACS.

Características principales de la instalación

Se trata de una instalación comercial, cuya potencia es de 786 Kw térmicos. Se estima que las necesidades para satisfacer el sistema son de 700.000 Kg anuales de astilla de biomasa forestal procedente de las masas forestales del propio municipio. El límite de humedad admisible por la instalación es de 50%. El producto obtenido es agua caliente, para suministrar calor y ACS a los 8 edificios públicos pertenecientes al ayuntamiento mediante un sistema de generación centralizado y una red de distribución.

El presupuesto de la instalación es de aproximadamente de 1,2 millones €, incluidas las obras de canalización del sistema de tuberías para la distribución de calor, que representa dos tercios de la inversión.

El sistema centralizado de producción de energía esta formado por tres calderas de biomasa conectadas en paralelo. La principal, de 700 Kw de potencia, utiliza todo tipo de biomasa de origen forestal (madera, astillas y residuos agrícolas). Las otras dos calderas son de apoyo y para pellets, de 48 KW de potencia nominal cada una. Estas, se emplearán en meses de menor demanda calorífica. Para cubrir los picos de consumo, el sistema de distribución cuenta con un acumulador de inercia de 2.000 l.

Dentro de la zona en la que se encuentran los edificios municipales, la ubicación de la sala de calderas de donde partirá la red de tuberías, se ha planteado junto a la pared noreste del frontón. Esta situación permitirá aprovechar una pequeña ladera para crear un nivel superior que facilitará la descarga de la biomasa en el silo.

La biomasa se almacena en dos silos diferenciados de 100 m³, para la biomasa de origen forestal y de 30 m³ para pellets. Tanto los silos como las calderas se encuentran ubicados en una sala destinada y construida para tal fin. Como fuente de energía se empleará la biomasa procedente del propio valle de Ultzama, rico en restos forestales, en forma de astilla, serrín podas y pellet.

Toda la energía térmica se produce en una sala de calderas centralizada y desde allí se distribuye a los distintos recintos mediante tuberías pre-aisladas subterráneas. Se ha adoptado el sistema de agua caliente impulsada mediante bombas, eligiendo el sistema bitubular (ida y retorno) para la distribución del fluido calefactor en el circuito primario. Para activar la circulación de agua caliente en los circuitos se instalarán bombas en los circuitos de retorno, una por cada caldera, de tal manera que el fluido portador de calor llegue en las precisas condiciones de caudal y presión a los puestos de intercambio requerido.

En cada edificio se encuentra una subestación para la conexión con el sistema existente. En cada edificio existe una subestación con contador de consumo y control remoto. El sistema está controlado desde la propia sala de calderas para funcionamiento óptimo, según previsión horaria de uso y previsión meteorológica.

Avance tecnológico

El objeto del plan de actuación, consiste en la sustitución de los sistemas de suministro de calor de los edificios públicos, que actualmente cuentan con calderas antiguas de gasóleo de una eficiencia energética media, por nuevas tecnologías que aumentarán la eficiencia y reducirán las emisiones de gases efecto invernadero a través de la implantación de medidas basadas, principalmente, en la sustitución del combustible convencional de las calderas por biomasa.

2.4. Calefacción en un Polígono Industrial (Turbomeca)

Nombre de la instalación

Pilas de combustibles a partir de biogas.

Promotor:

Turbomeca.

Localización

Bordes (Pirineos Atlánticos - Francia), donde se ubica la sede de Turbomeca. Este emplazamiento acaba de reorganizarse para acoger, no solamente el nuevo edificio «Joseph Szydowski» (HQE, eco-concebido...), sino también los de numerosas subcontratas, favoreciendo de esta manera la creación de un polígono aeronáutico de más de 53 hectáreas.

Descripción general de la instalación

Turbomeca es una filial del grupo SAFRAN. Se especializa en la concepción, producción, venta y mantenimiento de turbinas de gas de pequeña y mediana potencia para helicópteros. Con una gama de motorizaciones completa y única, estrechas cooperaciones y un servicio cercano al cliente, Turbomeca es el motorista líder en el mercado internacional.

Para proporcionar calefacción a estos edificios (la sede de la empresa, sus subcontratas, el parque de actividades terciarias y diversas estructuras, especialmente un restaurante inter-empresarial, un hotel para empresas, una sala de conferencias y una guardería). El polígono ha sido equipado con una central de energía de 9 MW de potencia, constituyendo un excelente ejemplo de mutualismo de servicios en un parque empresarial.

Prioriza su utilización en la calefacción de los locales (confort) y no proporciona ninguna energía ligada al proceso industrial.

La instalación se adjudicó, tras un proceso de licitación, por un periodo de 18 años a COFELY, filial energética de GDF-SUEZ.

Características principales de la instalación

La instalación se compone de 3 calderas de 3 MW. La principal se alimenta de madera, la segunda de gas y la tercera por una alimentación combinada de gas y fuel. La caldera de madera cubre entre el 80 y el 82 % de las necesidades de calefacción de la fábrica, del restaurante de empresa y de los edificios antiguos. Las otras dos calderas sirven únicamente como apoyo en los periodos más fríos así como de unidades de emergencia capaces de tomar el relevo en caso de avería o mantenimiento de la caldera principal.

Para alcanzar el emplazamiento industrial, en agua que sale de la central a 98 °C (fluido primario), se encamina por una red subterránea compleja, compuesta de subestación e intercambiadores, que suministran agua a 85 °C al edificio Joseph Szydowski (red secundaria). La instalación, en su conjunto, se diseñó para hacer frente de manera eficaz a temperaturas exteriores de hasta -7°C. Por debajo de esta temperatura, las calderas de gas y fuel toman el relevo. Hasta el momento, éstas últimas únicamente se han utilizado durante las operaciones de mantenimiento en la instalación.

La caldera de biomasa evita la emisión de 1500 toneladas de CO² a la atmósfera cada año. Su combustible de alimentación se compone de una mezcla de palets triturados y plaquetas forestales. Las cenizas que genera se reutilizan como aporte mineral en el sector de valorización agrícola.

Su utilización favorecerá sin duda el desarrollo de la cadena de suministro energético de la madera en el Departamento. En efecto, por sí sola, la caldera requiere de un suministro de un vehículo pesado diario de plaquetas forestales. Ahora bien, conviene destacar que el origen de esta fuente energética es mayoritariamente regional (y su gestión corresponde a SOVEN, filial de COFELY).

En el momento actual, el coste del calor producido se sitúa un 40% por debajo su coste a partir de gas. En base al contrato establecido entre Turbomeca y COFELY, la caldera debe funcionar únicamente entre el 1 de septiembre y el 31 de mayo, excepto situaciones climáticas excepcionales.

El coste de inversión de esta central energética fue de 1.8 millones de euros, de los que 400.000 euros fueron sufragados con fondos europeos, estatales y de colectividades locales.

2.5. Pilas de Combustibles (Leia-Tecnalia)

Nombre de la instalación

Pilas de combustibles a partir de biogás.

Promotor

Fundación Leia C.D.T. – Tecnalia.

Localización

P.T. Alava. Miñano (Álava).

Fecha de puesta en funcionamiento

La puesta en funcionamiento se comenzó a lo largo del 2009 tras la realización de un amplio estudio bibliográfico y acondicionamiento de los equipos para los ensayos a realizar.

Objetivo/finalidad de la instalación

El principal objetivo en el que ha trabajado Fundación LEIA ha sido desarrollar un proceso innovador y sostenible de producción de hidrógeno, empleando como alimentación el biogás obtenido en el proceso de digestión anaerobia de los residuos generados en una planta de tratamiento de residuos cárnicos.

Características principales de la instalación

La instalación que posee Fundación Leia consta del siguiente equipamiento:

- Planta de adsorción a escala laboratorio

Los ensayos de limpieza de biogás se han llevado a cabo en una planta de adsorción a escala de laboratorio construida en acero inoxidable por PID Eng&Tech propiedad de Leia.

En la figura se representa un esquema de la planta de adsorción. La planta está dotada de un sistema de alimentación de gases y un mezclador para la correcta homogenización de la alimentación a la entrada de la planta. La columna de adsorción es una columna cilíndrica dotada de tres resistencias eléctricas abrazaderas de 2000 W de potencia cada una, que permiten operar a alta temperatura. La temperatura del lecho se controla mediante un termopar. Otros dos termopares situados a dos alturas diferentes permiten el seguimiento del perfil de temperatura a lo largo del lecho durante la etapas de adsorción y desorción. La presión máxima de diseño es de 10 bares a una temperatura de 120 °C. A la salida de la planta los productos gaseosos atraviesan un filtro de partículas antes de ser enviados al equipo de análisis. Una válvula de presión a la salida de la planta permite el control de la presión de trabajo. Además el sistema permite la medida de la diferencia de presión entre los extremos superior e inferior del lecho. La planta también cuenta con varios sistemas de seguridad en caso de que se produzcan fallos en el sistema se control de la planta.

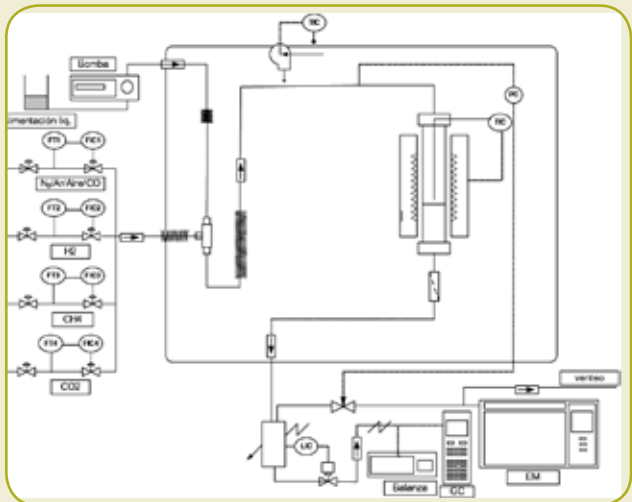


Figura 21. Esquema de la instalación
Fuente: Leia-Tecnalia

La Adsorción por Oscilación de Presión (Pressure Swing Adsorption, PSA), es una tecnología basada en la adsorción preferente de los componentes gaseosos de interés sobre la superficie de un material adsorbente, a altas presiones.

Tras un determinado periodo de operación el adsorbente se colmata y debe ser regenerado para su reutilización en ciclos de adsorción posteriores. La regeneración se da por reducción de la presión del sistema y arrastre de los compuestos retenidos mediante una corriente de purga a baja presión y alta temperatura (desorción).

- Reactor de síntesis a escala laboratorio

Equipo automatizado de reacción provisto de un reactor isoterma de lecho fijo (Microactivity Reactor de PID Eng&Tech) conectado en línea con un espectrómetro de masas (EM OmniStar GSD 301 C de Pfeiffer Vacuum) para el análisis de los productos.

El reactor es de acero inoxidable, situado en el interior de una cámara de acero inoxidable calentada mediante una resistencia eléctrica la cual permite mantener la temperatura de la caja a temperatura suficiente para vaporizar la alimentación líquida.

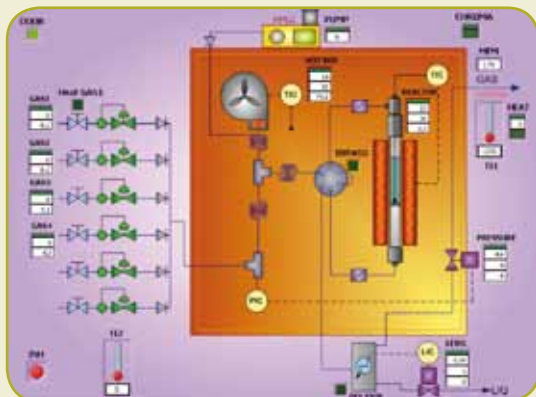


Figura 22. Pantalla de control de la instalación.
Fuente: Leia-Tecnalia

El equipo dispone de tres entradas de gases y una bomba pistón para la alimentación líquida no volátil desde un depósito. Los gases son previamente precalentados y homogenizados antes de entrar al reactor el cual está preparado para operar hasta 100 atm de presión, 700 °C y con una masa de catalizador de hasta 5 g. El lecho está constituido por una mezcla de catalizador e inerte con objeto de garantizar la isotermicidad del lecho y altura suficiente en aquellos casos de bajo tiempo espacial. A la salida del reactor, los productos de reacción son condensados a 0 °C. El gas se mide en el medidor másico y es enviado continuamente al EM para su análisis en línea. La

cantidad de líquido obtenida se mide periódicamente en una balanza de precisión.

La temperatura del reactor se controla y monitoriza mediante un controlador digital de temperatura. La lectura de la temperatura se lleva a cabo mediante dos termopares. Existen dos controladores más para la temperatura de la cámara del horno y la línea de transferencia del reactor al equipo de análisis. Los caudales de las entradas gaseosas se determinan con medidores másicos, que se complementan con una válvula de control y un sistema de lectura para medir y controlar los flujos de gas desde 2.5 mlc.n./min hasta 500 mlc.n./min. El controlador de presión actúa sobre una válvula de aguja en función del flujo de gas a través del reactor.

Metodología de experimentación

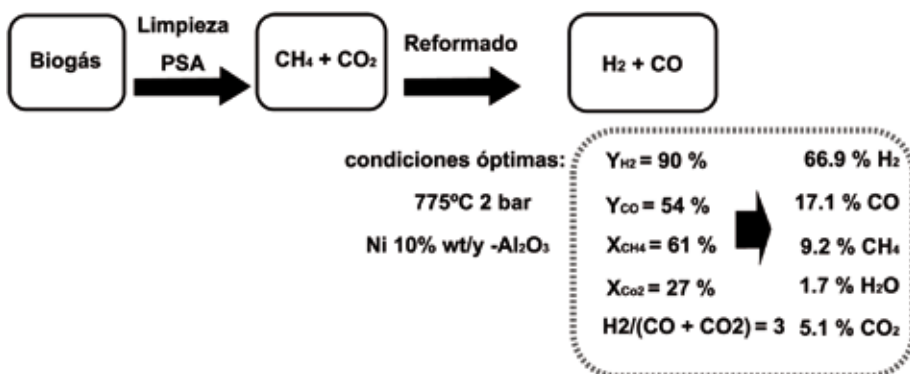
Las actividades realizadas comprenden las siguientes etapas:

1. Limpieza y enriquecimiento de biogás. Para lo cual se ha utilizado la técnica de adsorción por oscilación de presión (PSA) utilizando diferentes materiales adsorbentes y posterior verificado de su estabilidad tras varios ciclos sucesivos de adsorción-desorción, así como determinación de la influencia de la composición de la alimentación sobre la capacidad de adsorción del material adsorbente seleccionado..
2. Obtención de H₂ a partir de biogás. El proceso consiste en la obtención de gas de síntesis a partir de biogás mediante reformado. Se llevó a cabo un plan de ensayos tras el cual se seleccionaron las condiciones óptimas de operación seleccionando previamente el catalizador óptimo (mejor compromiso entre actividad, selectividad y resistencia a la desactivación por coque entre los adquiridos comercialmente y los sintetizados en el laboratorio) en la obtención de H₂ por reformado seco del biogás con el propio CO₂ presente en el mismo.

Los productos gaseosos de reacción serán analizados por espectroscopia de masas (EM) y en un microcromatógrafo de gases (micro-GC).

Avance tecnológico

Los resultados obtenidos hasta el momento en la etapa de reformado de biogás previa limpieza y adecuación de biogás para las condiciones óptimas de operación, se han obtenido unas conversiones de metano y dióxido de carbono de un 61% y un 27% respectivamente. Un punto importante a tener en cuenta es el caudal de CO₂ a introducir en la alimentación para la etapa de reformado, ya que este tiene que ser reducido drásticamente en la etapa de adsorción, hasta que la relación CH₄/CO₂ =3, para que la conversión a H₂ sea máxima.



2.6. Biometanización (Valle de Ultzama)

Nombre de la instalación

Planta mancomunada de digestión de purines para obtención de electricidad y calor.

Promotor

Ayuntamientos de Ultzama, Basaburua y Odieta - Bioenergía Ultzama S.A, Navarra.

Localización

Polígono Elordi de Iraizotz (Navarra).

Fecha de puesta en funcionamiento

Diciembre de 2010.

Objetivo de la instalación

El objetivo de la planta es la gestión medioambientalmente sostenible del purín generado por el ganado de la zona mediante la valorización energética. Se generan 4 millones de kilovatios hora de electricidad al año, así como energía térmica a partir del biogás producido del purín proveniente de 2.700 vacas mediante la biometanización. Los restos del proceso se destinarán a compostaje y abono líquido tras un proceso de transformación en la planta.

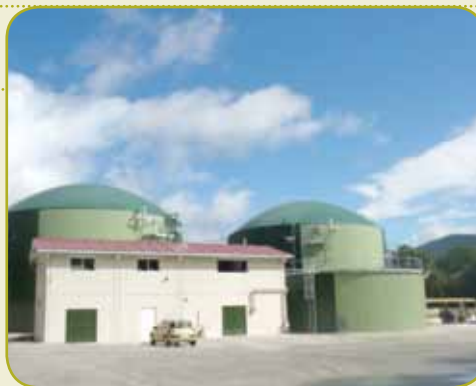


Figura 23. Vista general de planta de biogás.
Fuente: Aierdi Ingenieros

Descripción general de la instalación

La singularidad del proyecto se concreta en la capacidad generadora de energía eléctrica y térmica a partir de purines recogidos en 26 explotaciones de Ultzama, Odieta y Basaburua, amén de las ventajas medioambientales que aporta al eliminar y valorizar un elemento contaminante. Más del 75% de los restos generados por 2.700 vacas proporcionan la base orgánica de transformación a razón de 220 toneladas al día. El biogás, principalmente compuesto por metano en un 60-65%, es el resultado de un proceso de fermentación de materia orgánica por ausencia de aire. Su obtención en unos tanques específicos, denominados digestores, posibilita la generación de 500 kilovatios a la hora de electricidad y 850 kilovatios de energía térmica con 4 motores, 3 ellos localizados en factorías del polígono Elordi.

Características principales de la instalación

Se trata de una planta industrial para tratamiento de purines de ganado vacuno mediante la valorización energética en un proceso de cogeneración. La potencia de la instalación es de:

- 500 KW de electricidad.
- 850 KW de energía térmica.

Se estiman 8.000 horas de funcionamiento anuales de la instalación.

La planta puede tratar 80.000 toneladas de purín (aprox. 10% de materia seca) al año, recogidas y transportadas por la empresa Larrazcar, a razón de 220 toneladas/día.

A parte de la electricidad y el calor producido, se obtiene una fracción sólida en procesos de transformación de los purines que dan lugar a co-productos, como son materia prima para su compostaje y abonos líquidos, en unas cantidades anuales de:

- Digestato líquido: 65.000 t/año.
- Digestato sólido: 10.000 t/año.

La inversión de la planta para su construcción ha sido de aproximadamente de 5,5 millones de euros.

El purín es pre-templado para su posterior trasvase a unos digestores. Mediante un proceso mesofílico, es decir a una temperatura de unos 40º aproximadamente, las bacterias metanogénicas digieren la masa de purín y generan biogás. El purín permanece un mes en los digestores para lograr lo que se llama *digestato* con unas cualidades de abonado excelentes.

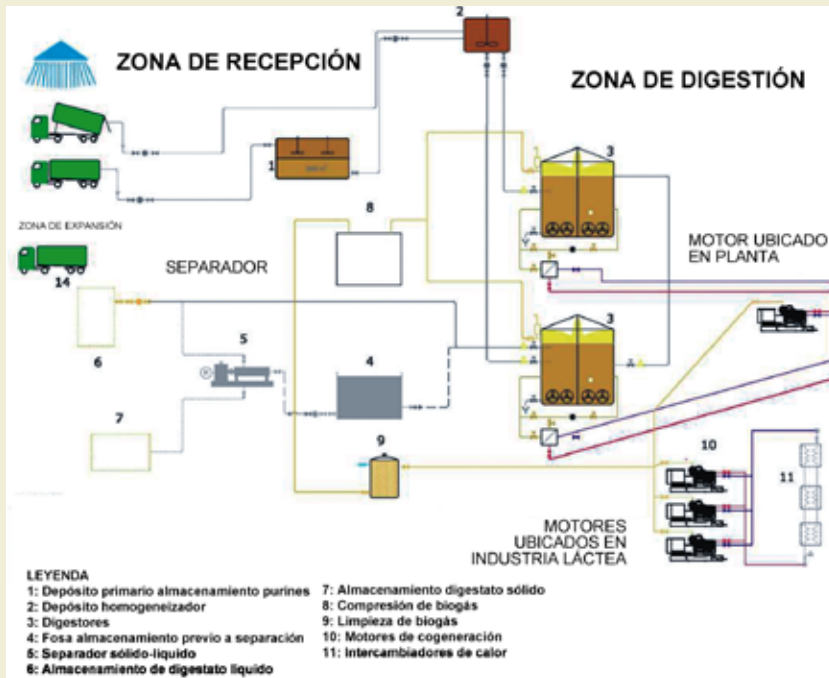


Figura 24. Diagrama de flujos de la planta.

Fuente: Aierdi Ingenieros

El biogás producido alimenta 4 motores para producir mediante un proceso de cogeneración 500 kilovatios de electricidad y 850 kilovatios de energía térmica. Uno de los motores está localizado en la propia instalación. Los otros tres se ubican en el polígono Elordi. En una perspectiva anual, la electricidad prevista alcanzará los 4 millones de kilovatios-hora, suficientes para abastecer el consumo de más de 1.000 hogares.

La fracción sólida del digestato se conserva en un almacén de 4.400 metros cúbicos para su compostaje. La fracción líquida se deposita en 20.100 metros cúbicos repartidos en 5 fosas: una en la propia planta, y el resto en Gorrontz, Auza, Suarbe y Orokieta. La disponibilidad del terreno susceptible de ser abonado se eleva a 1.400 hectáreas.

Avance tecnológico

Con el proceso diseñado se permite el tratamiento de purines mediante la valorización energética, destacando de la planta:

- Obtención de electricidad y calor a partir de sustratos orgánicos.
- Eliminación de la emisión de 230 toneladas de metano, con un efecto invernadero 22 veces superior al CO₂.
- Producción un ahorro de 800.000 litros de gasoil al año.
- Generación de compost y abono con co-producto del tratamiento de los purines.
- Permitir la convivencia en el mundo rural de las actividades tradicionales como la ganadería, con las que están en desarrollo como el turismo, dando respuesta a los requisitos medioambientales de la creación del LIC - Robledales de la Ultzama.

2.7. Aplicaciones en la Agricultura (Invernaderos)

Nombre de la industria

Calefacción en Invernadero de tomate.

Promotor

Rubén Martínez.

Localización

Oteiza (Navarra).

Fecha de puesta en funcionamiento

Noviembre 2009

Objetivo de la instalación

Proporcionar calefacción a un invernadero que produce tomates por medio de caldera de biomasa y distribución de aire caliente y suelo radiante.

Descripción general

La explotación es un invernadero que cuenta con 2.300 m² de superficie en la que se cultiva tomate en hidropónico. La producción anual de tomate se sitúa alrededor de los 35.000 kilos al año. Esta cantidad se produce en dos campañas al año, comprendidas entre febrero y junio la primera, y de julio a diciembre la segunda, incluyendo en ambos casos desde la plantación a la recolección del fruto. Como el cultivo del tomate coincide con épocas donde las temperaturas que se dan están por debajo de las admisibles por este cultivo, es necesario calefactar el invernadero para que este alcance los 14, 15 o 16 °C en su interior, en función del estado fenológico el cultivo. Para cumplir este objetivo el titular de la explotación ha optado por la instalación de dos calderas de biomasa, de diferentes potencias, que trabajan en paralelo.

Como se ha indicado, los tomates se cultivan en hidropónico, en un sustrato inerte, perlita, en el que por medio de la fertirrigación se suministran los nutrientes a la planta para su desarrollo. Las plantas de tomate se sitúan en líneas paralelas a lo largo del invernadero, distribuidas de forma equidistante, situándose dos plantas a cada lado de la línea. El número total de líneas en el invernadero es de 16.



Figura 25. Vista del interior del invernadero.
Fuente: CENER

Características principales de la instalación

Se trata de una instalación industrial formada por dos calderas de biomasa que se encargan de proporcionar calefacción al invernadero del que forman parte. Este calor se proporciona mediante dos vías. La primera, por medio de calefacción por suelo radiante, a través de una red de tubos corrugados por los que circula el agua calentada a 45 °C que transcurre paralela a las líneas de cultivo del tomate, por debajo del sustrato. La otra vía de calefacción es por medio de aerocaldefactores constituidos por intercambiadores agua-aire.

Las calderas, de la marca italiana CT-Pasqualicchio son del modelo "CS MARINA". Estas calderas tienen distinto tamaño, siendo la potencia de la mayor de 348 KW térmicos y de la menor de 114,8 KW. Estas calderas están formadas por una tolva de alimentación por la que se introduce el combustible en el interior de la caldera por la parte inferior del quemador mediante 2 tornillos sinfín. Por medio de estos tornillos se controla la cantidad de combustible suministrado. En la parte superior se produce la combustión del combustible, en la que se introduce aire por medio de un ventilador. Los humos calientes de la combustión son pasados hasta tres veces a través de un circuito de tubos horizontales donde se produce la cesión de calor antes de su salida al exterior por la chimenea.

Las principales características de estas calderas son:

- Encendido y alimentación automáticos.
- Calderas multicomcombustible.
- Rendimiento acreditado del 89%.
- Parrilla fija lo que limita el uso de combustibles con alto contenido en cenizas.
- Retirada manual de las cenizas.
- Limpieza manual de tubos de intercambio.

La biomasa utilizada en estos equipos es hueso de aceituna distribuido por empresas de la zona que se abastecen desde trujales situados en la provincia de Jaén. El precio de venta de este biocombustible se sitúa entre los 120 a 140 €/t, con un contenido de humedad que está entorno al 10-12 %. Se estima que el consumo anual de hueso de aceituna en las dos campañas de producción de un año es de alrededor de 60 t.

Las dos calderas trabajan de forma independiente. De la caldera de mayor potencia sale agua calentada a 85 °C a 2 bares de presión, que por medio de bombas se impulsará por un circuito conectado a ocho aerocaldefactores distribuidos en grupos de cuatro en los dos laterales del invernadero. La caldera de menor potencia a su vez, calienta el agua del circuito que está conectada al sistema de distribución de la calefacción de suelo radiante.

El equipo está compuesto por:

- Silo de alimentación de combustible exterior con una capacidad de 16.000 kg.
- Tolva de alimentación a caldera, una para cada una de las calderas.
- Calderas de biomasa.
- Sistema de distribución de agua caliente a los equipos de calefacción.
- Equipos de calefacción: aerocaldefactores y suelo radiante.

La inversión en el sistema de calefacción del invernadero incluyendo las calderas alcanza los 80.000 €.

La instalación funciona durante los meses en que es necesario proporcionar calefacción al invernadero. La instalación dispone de sondas de temperatura que conectadas al centro de control, encienden y apagan la caldera automáticamente en función de la diferencia entre la temperatura ambiente y la temperatura óptima para el desarrollo del cultivo. Para que los encendidos y apagados de la caldera se reduzcan y así prolongar su vida útil, se marca un intervalo por encima y por debajo de la temperatura de control de varios grados.

A continuación se puede ver un esquema de la distribución de los equipos de la instalación dentro del invernadero.

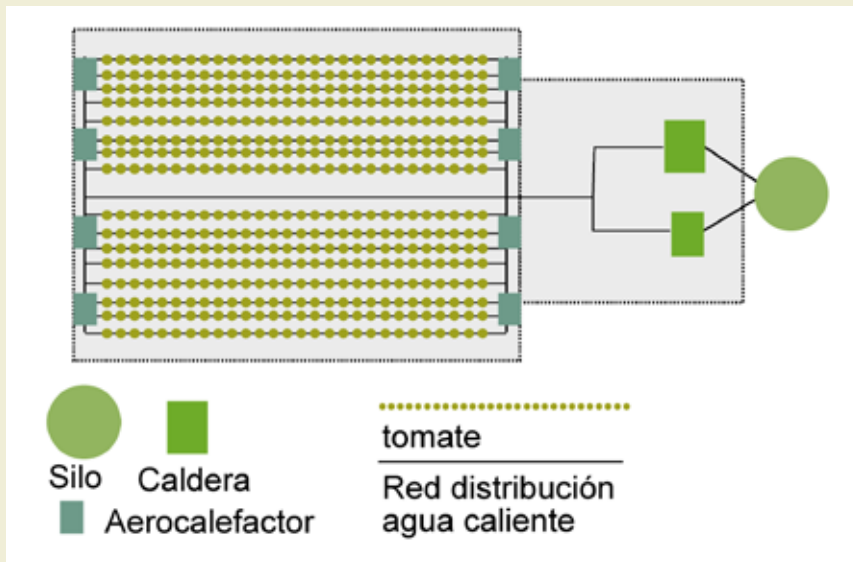


Figura 26. Esquema de distribución del invernadero.
Fuente: CENER

Avance tecnológico

Merece la pena destacar la innovación que supone el empleo de la calefacción de invernaderos por medio de biomasa. En este tipo de instalaciones donde la demanda de calor para calefacción es alta, un ahorro en la producción de calor puede ser crucial para hacer viable económicamente la explotación. El gasto anual en combustibles que supone el uso del hueso de aceituna en este caso frente al gasoil, representa un importante ahorro en los costes de producción del tomate.

2.8. Microalgas (Gaiker)

Nombre de la instalación

Fotobioreactor piloto tipo air-lift (a-PBR).

Promotor

Diseñado por EDER Procesos Industriales, S.L. bajo supervisión de GAIKER-IK4.

Localización:

Zamudio (Vizcaya).

Fecha de puesta en funcionamiento

Septiembre 2010.

Objetivo de la instalación

Utilización en proyectos de I+D+i para la producción de microalgas a escala laboratorio-planta piloto.

Características principales

Se trata de una instalación piloto dedicada a la investigación, con una capacidad de cultivo de microalgas de 183 litros, como por ejemplo la especie *Nannochloropsis gaditana*, de entre 2 a 10 μm de tamaño de célula, y una densidad estimada entre 0,6 a 1 g/L.

Los productos finales que se podrían obtener de esta planta piloto son biocombustibles, biodiésel, y otros compuestos de valor añadido.

La inversión para la construcción de esta planta piloto alcanza los 50.000 €.

El fotobioreactor, tipo a-PBR airlift está constituido por un conjunto de tuberías de polimetacrilato y accesorios, principalmente de PVC, con una longitud de circulación próxima a los 25 metros.



Figura 27. Vista general de la instalación.
Fuente: Gaiker

La fuerza impulsora para el movimiento del fluido se produce como consecuencia de la diferencia de densidad del fluido contenido en los dos ramales de tuberías verticales que constituyen el sistema air-lift. Para que se desarrolle la diferencia de densidad es necesario introducir aire en uno de los ramales, de modo que el volumen parcial de la tubería ascendente ocupado por el aire justifica la disminución de la densidad aparente del contenido de ese ramal, frente al de la tubería paralela, en donde el flujo es descendente y no hay gas ocluido.

Además del gas anterior, al inicio del sistema de tubos horizontales se dosifica el gas CO₂.

El a-PBR se ilumina mediante una serie de fluorescentes, tipo daylight, que suministran intensidad luminosa a lo largo del recorrido del cultivo por los tubos.

La unidad incorpora la monitorización del pH del líquido recirculante. El sistema está dotado de dos bombas peristálticas que pueden dosificar distintos nutrientes al fluido.

Un medidor de nivel en el desgasificador permite reponer fluido mediante otra bomba peristáltica específicamente instalada para ello.

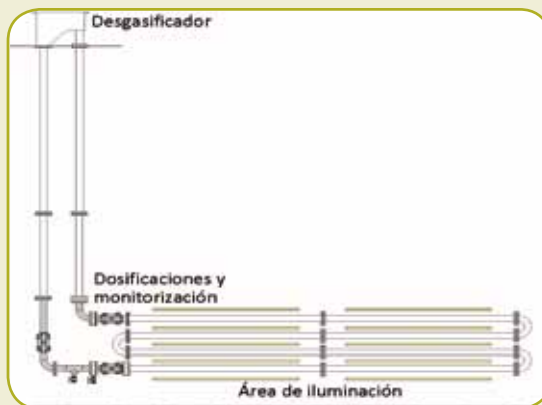


Figura 28. Esquema de la instalación.
Fuente: Gaiker

Avance tecnológico

El sistema air-lift permite el flujo continuo de un cultivo suprimiendo el gasto energético asociado a una bomba de recirculación; simplemente con un flujo continuo de gas comprimido en uno de los ramales (rinsers) del sistema. Aunque no es novedoso, sí que representa un reto en su aplicación a diferentes especies de microalgas, de diferente morfología, tamaño de célula y densidad de cultivo.

2.9. Aplicación Industrial (Secado de materia prima – Agralco)

Nombre de la instalación

Caldera para la producción de vapor y horno de secado utilizando biomasa como combustible único.

Promotor

Agralco S. Coop. Ltda., Gestor de Subproductos de Vinificación.

Localización

Estella (Navarra)

Fecha de puesta en funcionamiento

Agralco S. Coop. Ltda. consume biomasa en su caldera de vapor y su horno de secado desde 1984, cuando entraron en funcionamiento el horno y la caldera actual. La nueva caldera cubrirá los requerimientos medioambientales más exigentes.

Objetivo

Aprovechamiento energético de biomasa (orujo seco) frente al uso de combustibles fósiles.

Descripción general de la instalación

Agralco S. Coop. Ltda. es una empresa dedicada al procesamiento de los subproductos de vinificación (orujo y lías). El volumen actual de materia prima, obtenido del proceso de elaboración del vino, procede de 400 bodegas de Álava, Rioja y Navarra, y asciende a un total de más de 72.000 toneladas.

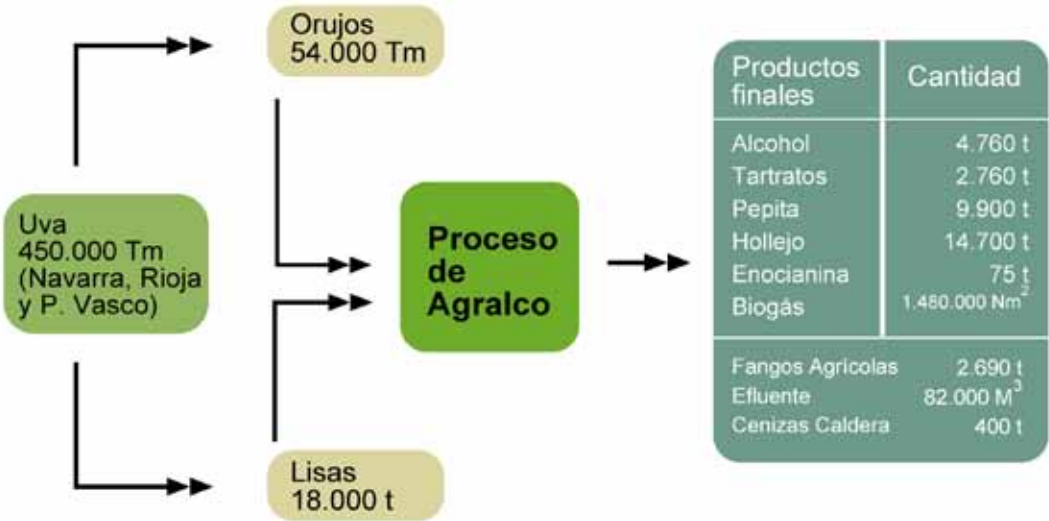


Figura 29. Balance de productos

Fuente: Agralco

Los orujos recibidos por la alcoholera están constituidos por la piel y por la pepita de la uva que se han obtenido tras el proceso de vinificación. Las lías se obtienen en el proceso de clarificación de los vinos, separándose del vino por decantación y trasiego. Los orujos se lavan para obtener una solución que contenga el alcohol y las sales tartáricas. Tanto esta solución como las lías se someten a una destilación para la extracción del alcohol, y posteriormente a centrifugado y secado para obtención del tartrato.

Una vez lavados, se secan y de ellos se extrae la pepita de uva. El resto se utiliza como combustible en la propia planta de la empresa. Los vertidos finales del proceso productivo se someten a depuración (fases anaerobia y aerobia), de la que se obtiene biogás que también se utiliza como combustible en la propia planta.

Los productos que se obtienen en el proceso de Agralco son los siguientes: alcoholes, tartra-
tos, pepita de uva y enocianina. El hollejo es utilizado como combustible en la caldera y el horno de biomasa, y el biogás procedente de la propia depuradora es utilizado para la obtención de electricidad en motores de cogeneración dentro de la planta.

Características principales

Se trata de una instalación industrial. El orujo seco es recuperado como combustible para la producción de vapor de procesos y secado del propio orujo. Los equipos son los siguientes:

- 1) Caldera de biomasa para producir vapor con las siguientes características:

Caldera para orujo seco	Características
Tipo	Fija acuotubular
Marca-modelo	GAIKO ERK AC 1000/32
Potencia	6.370.512 kcal/h = 7,4 MW
Temperatura máxima de servicio	190,7º C

- 2) Horno-secadero de orujo con las siguientes características:

Horno secadero	Características
Tipo	Parrilla fija
Marca-modelo	Propio
Potencia	9.297.504 kcal/h = 10,8 MW
Tª salida de gases de secado	700º C

A continuación se describe el proceso en el que intervienen los dos puntos de consumo de biomasa (caldera y horno), y en el que los gases de combustión de ambas instalaciones son aprovechados para secar el orujo húmedo procedente del lavado del mismo.

Los gases son emitidos a la atmósfera a través de un único foco emisor, dotado de tres ciclones y un filtro electrostático en vía húmeda.

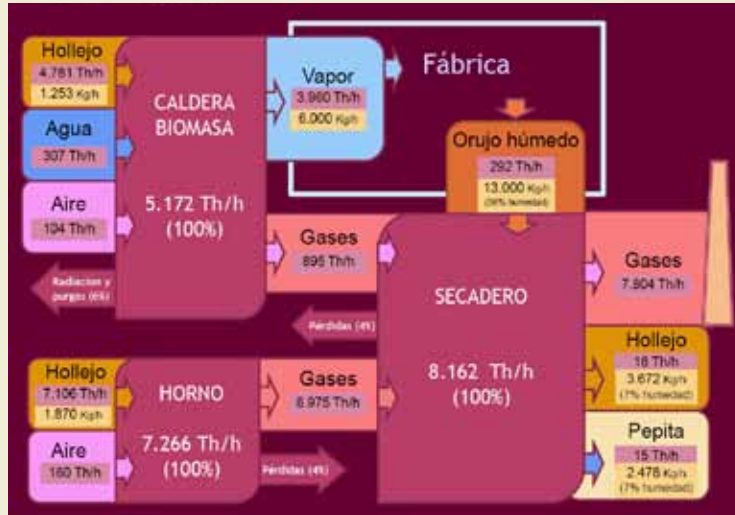


Figura 30. Aprovechamiento energético de la biomasa en caldera y horno de secado.

Fuente: Agralco

Agralco S. Coop. Ltda. es conocedora de la problemática que conlleva el uso de este tipo de combustible, y destaca varios aspectos muy importantes a tener en cuenta:

- Es de vital importancia la **selección del tipo de quemador** y suele ser necesaria la **adaptación de los equipos y los procesos** no diseñados para combustibles específicos (existen diferencias importantes entre quemar orujo seco, pellets, restos de poda o paja de cereal, por ejemplo).
- Existe gran **variabilidad en las características del combustible** (humedad, poder calorífico e impurezas ya que no son combustibles estandarizados).
- Pueden ocasionarse **disfunciones y problemas en los hogares** de combustión, debido al comportamiento y composición del combustible, que es necesario subsanar.

2.10. Aplicación Industrial (Grupo ONA)

Nombre de la instalación

Instalación para secado y tratamiento térmico fitosanitario de madera y embalajes.

Promotor

La empresa Embalajes Ona, S.L. fue la promotora de un proyecto de I+D+i que se llevó a cabo durante el año 2008 para la realización de dicha instalación.

Localización:

La empresa se encuentra ubicada en la carretera N-232, Km 363,3 de Calahorra (La Rioja).

Fecha de puesta en funcionamiento

A partir de julio de 2008 empezó el montaje de la instalación y en agosto de 2009 comenzó a operar en perfectas condiciones.

Objetivo de la instalación

El objetivo por el cual se realizó la instalación es para la realización de tratamiento térmico según la Norma NIMF nº 15 que deben cumplir los embalajes de madera utilizados en el comercio con terceros países y el procedimiento administrativo de autorización. Además el exceso de calor producido durante este proceso se utiliza para confort térmico de la oficina y resto de instalaciones.

Descripción general

Embalajes Ona se dedica a la fabricación de envases y embalajes de madera de características y medidas especiales para la exportación. Para el tratamiento de la madera se optó por una instalación cuya fuente de energía fuese la biomasa.



Figura 31. Vista de la cámara de tratamiento.
Fuente: ONA

Características principales

La caldera de biomasa tiene una potencia calorífica nominal de 150.000 Kcal/h. y un caudal de aire total de 79.600 m³/h. para producción de agua caliente inferior a 110°C. La materia prima se puede obtener de las siguientes formas:

- En el aserrado, al cortar los troncos se generan costeras de madera, recortes de retesados, serrín...
- Recogida de ramas de pino, chopo...
- Retirando a los clientes los embalajes y palets viejos que desechan por estar deteriorados o rotos. Y viceversa, los clientes entregan en las instalaciones de ONA dichos embalajes. Siendo así ONA Gestor de Residuos.
- Recepción de camiones de embalajes viejos de empresas que se dedican a la Gestión de Residuos.

El consumo de biomasa varía dependiendo de muchos factores, entre los que cabe destacar: la cantidad de tratamientos térmicos que se realicen, la cantidad de madera que se coloque en la cámara para tratar, el grado de humedad de la biomasa (cuanto menos grado de humedad exista, menos combustible se gasta). La inversión que se realizó fue superior a 350.000 €.

Los equipos que componen la instalación son los siguientes:

- Cámara de tratamiento térmico fitosanitario.
- Caldera de biomasa.
- Triturador de madera.
- Cintas de transporte.
- Silos de alimentación/almacenamiento.

La operación comienza con la recepción los residuos en las instalaciones (bien sean recogidos por su propio transporte, un gestor de residuos externo o bien sus propios residuos de madera generados), que se clasifican para su posterior triturado. De esta manera se obtiene biomasa/as-tilla para utilizar como combustible en su propia caldera o bien para su venta a terceros (si existe un excedente).

La caldera de biomasa calienta la cámara de tratamiento fitosanitario mediante un sistema de tuberías que transporta agua caliente en un circuito cerrado, y una serie de ventiladores dentro de la cámara consiguen realizar el proceso térmico (que consiste en introducir tres sondas de temperatura en el núcleo de la madera y mantener durante 30 min. dicho núcleo a 56°). Una vez realizado el tratamiento de la madera, la caldera mantiene la temperatura y ese calor residual que se produce en dicho proceso es utilizado para calefactar la nave de fabricación de embalajes y la oficina de la empresa. Con lo que dicha caldera es además la encargada del confort térmico de la empresa.

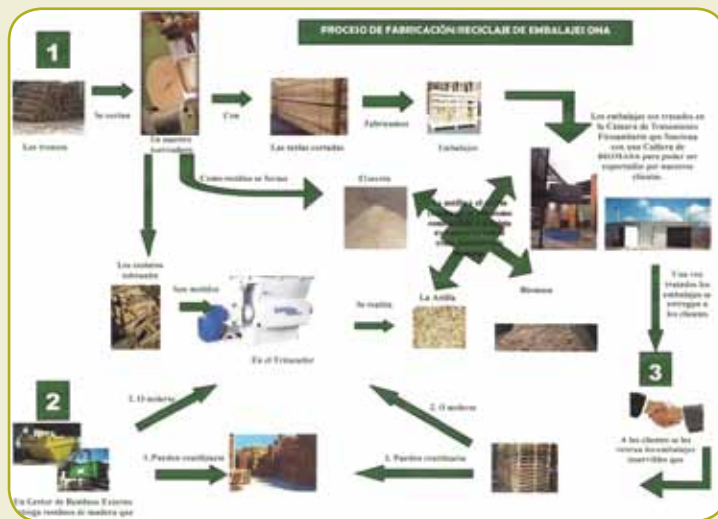


Figura 32. Diagrama de funcionamiento de la instalación.
Fuente: ONA

El registro de dicho tratamiento queda almacenado en un sistema informático que sirve para comprobar y verificar que dicho proceso se ha completado con éxito. Además se completa un libro de registro de tratamientos que es revisado obligatoriamente de forma anual.

Avance tecnológico

El avance tecnológico más importante es la realización de un proceso productivo de fabricación de embalajes de madera con "RESIDUO 0". Además, se realiza el aprovechamiento de diferentes residuos de madera como son los forestales, agrícolas, embalajes/palets inservibles y otros restos de madera mediante su valoración energética.

3. Referencias y Contactos de Interés

3.1. Bibliografía

1. Bioenergy a Sustainable and Reliable Energy Source. A review of Status and prospects. IEA BIOENERGY, 2009. www.ieabioenergy.com/LibItem.aspx?id=6479
2. Energy technology Essentials. Biomass for Power Generation and CHP. IEA BIOENERGY January 2007. www.iea.org/techno/essentials3.pdf
3. Directiva 2009/28/CE sobre Energías Renovables (DER), European Commission, 2009. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:140:0016:0062:en:PDF>
4. Biomass Action Plan, European Commission, 2005. http://ec.europa.eu/energy/res/biomass_action_plan/doc/2005_12_07_comm_biomass_action_plan_en.pdf
5. Potential Contribution of Bioenergy to the World's Future Energy Demand. IEA BIOENERGY, 2007. www.ieabioenergy.com/MediaItem.aspx?id=5586
6. Update on implementation agendas 2009. A review of key biofuel producing countries. Report T39-PR1. IEA Bioenergy Task 39, 2009. http://biofuelstp.eu/downloads/A_RS_38_Biofuel_Implementation_2009.pdf
7. Commercializing 2nd-generation liquid biofuels from biomass. Progress and Challenges in R&D. Mabee, W. and Sadler, J. IEA Bioenergy Task 39, 2009.
8. EN 14961-1:2010. Biocombustibles sólidos- Especificaciones y clases de biocombustibles. AENOR. 2010.
9. Plan de Acción Nacional de Energías renovables de España (PANER) 2011-2020, IDEA, 2010. [www.idae.es/index.php/mod.documentos/mem.descarga?file=/documentos_20100630_PANER_Espana_version_final_\[1\]_cdb842de.pdf](http://www.idae.es/index.php/mod.documentos/mem.descarga?file=/documentos_20100630_PANER_Espana_version_final_[1]_cdb842de.pdf)
10. Energía de la biomasa. Manual de Energías Renovables. IDAE. 2007. www.idae.es/index.php/mod.documentos/mem.descarga?file=/documentos_10374_Energia_de_la_biomasa_07_b954457c.pdf
11. Production Technology of forest chips in Finland. Proyecto Bio-South. VTT. 2005. www.bio-south.com/pdf/ForestRes_Prod.pdf
12. El papel de la biomasa forestal primaria en el nuevo PER 2011-2020. ASEMFO. www.ase-mfo.org/empresas/ase-mfo/PER%202011-2020%20web.pdf
13. REAL DECRETO 661/2007 que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial, BOE, 2007. www.boe.es/boe/dias/2007/05/26/pdfs/A22846-22886.pdf

14. Report on sustainability requirements for the use of solid and gaseous biomass sources in electricity, heating and cooling. JRC. European Commission, 2010. http://ec.europa.eu/energy/renewables/transparency_platform/doc/2010_report/com_2010_0011_3_report.pdf
15. Biomasa. Calefacción sostenible para edificios públicos. IDAE. 2002. www.idae.es/index.php/mod.documentos/mem.descarga?file=/11212.pdf
16. Investing in the Development of Low Carbon Technologies (SET-Plan). A TECHNOLOGY ROADMAP. European Commission, 2009. http://ec.europa.eu/energy/technology/set_plan/doc/2009_comm_investing_development_low_carbon_technologies_en.pdf
17. Sustainable production of second-generation biofuels. Potencial and perspectives in major economies and developing countries. IEA BIOENERGY, 2010. www.iea.org/papers/2010/second_generation_biofuels.pdf
18. Plan de Acción Nacional de Energías Renovables de España. Comisión Europea. 2010. http://ec.europa.eu/energy/renewables/transparency_platform/doc/national_renewable_energy_action_plan_spain_es.pdf
19. Plan de Acción Nacional de Energías Renovables de Francia. Comisión Europea. 2010. http://ec.europa.eu/energy/renewables/transparency_platform/doc/national_renewable_energy_action_plan_france_fr.pdf

3.2. Links

España

- IDAE, Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía: www.idae.es
- BIOPLAT, Plataforma Tecnológica Española de la Biomasa: www.bioplat.org
- EVE, Ente Vaso de la Energía: www.eve.es
- ASERMA, Asociación Española de Recuperadores de madera: www.aserma.org
- AVEBIOM, Asociación para la valorización Energética de la Biomasa: www.avebiom.org
- CONFEMADERA, Confederación Española de Empresarios de la Madera: www.confemadera.com
- APPA, Asociación de productores de Energías Renovables: www.appa.es
- CENER, Centro Nacional de Energías Renovables: www.cener.com

Francia

- ADEME, Agencia para la Gestión de Medio Ambiente y Energía: www.ademe.fr
- Ministerio de Medioambiente y desarrollo sostenible: www.ecologie.gouv.fr
- Ministerio de Agricultura: www.agriculture.gouv.fr
- ENR, Sindicato Frances de Energías Renovables: www.enr.fr
- INERIS, Instituto Nacional de Medio Ambiente Industrial y Riesgos: www.ineris.fr
- CITEPA, Centro tecnológico Frances sobre contaminación atmosférica: www.citepa.org
- ITEBE, Instituto de Bioenergía: www.itebe.org
- Calidad de las leñas en Francia: www.Nfboisdechauffage.org
- Información sobre suministradores de equipos de calefacción con biomasa: www.flammeverte.com

Proyectos internacionales:

- Bio-south: www.bio-south.com
- Biohousing : www.biohousing.eu.com
- Quality-Wood: www.eufirewood.info
- BioClus: www.bioclus.eu
- BioNorm: www.bionorm2.eu
- On-cultivos: www.oncultivos.es

