



Nuevas perspectivas en el aprovechamiento del biogás como punto importante para la rentabilidad de los proyectos

INTRODUCCIÓN

La creciente preocupación internacional por el impacto sobre el medio ambiente de los sistemas energéticos ha llevado a la humanidad a buscar fuentes de energía alternativas, que no utilicen los recursos del planeta hasta agotar sus existencias. Las energías renovables son mucho más que un sector económico y profesional; son un reto de futuro que afecta a todo el mundo. Los sistemas de producción de energía a partir de fuentes renovables tienen impactos

Laia Sarquella Planella.
Técnica de Biogás y Residuos.
INSTITUT CATALÀ D'ENERGIA

medioambientales bajos, frente a los sistemas basados en combustibles fósiles y la nuclear. Su desarrollo comercial es relativamente nuevo ya que se explotan gracias a procedimientos y técnicas que han comenzado a desplegarse en los últimos años. El encarecimiento del precio de los combustibles fósiles ha impulsado el desarrollo de los biocombustibles, la biomasa y el

biogás, junto a algunas renovables con más trayectoria, como la energía eólica o la solar.

Podemos hablar de precios y costes de las tecnologías, pero cabe señalar que el biogás no es simplemente una fuente de energía renovable, es una herramienta de gestión con importantes implicaciones, como son la gestión de los residuos y cosubstratos, la operación compleja de las plantas, los planes de gestión y la presencia de zonas vulnerables en el territorio, en el caso del biogás de origen agroganadero, además de las posibilidades de valorización energética del gas.



Titular de la planta: Energisat Natura. Ingeniería: ECOBIOGAS



Titular de la planta: Agrícola Montargull. Ingeniería: ECOBIOGAS

CONCEPTO Y ENERGÍA

La digestión anaerobia es un proceso microbiológico de descomposición de la materia orgánica, en ausencia de oxígeno, produciendo un combustible gaseoso llamado biogás. El biogás es una mezcla de gases, con una composición que depende del proceso realizado para su obtención y del material que se trate, pero que normalmente es del 50-60% en volumen de CH_4 y 40-50% de CO_2 ; con una presencia minoritaria se encuentra nitrógeno, oxígeno, hidrógeno, ácido sulfhídrico, agua y compuestos orgánicos volátiles. El valor energético del biogás se mide por su poder calorífico inferior (PCI), el cual presenta una elevada variabilidad en función básicamente del porcentaje de metano que contenga. Un PCI orientativo para el biogás se situaría en 5.500 kcal/m^3 , lo que nos permite compararlo con el gas natural, forma-

do principalmente por metano en su composición, de forma que 1 m^3 de biogás equivaldría a $0,64 \text{ m}^3$ de gas natural.

Las principales fuentes de generación de biogás son las siguientes:

- Vertederos de residuos sólidos urbanos
- Biometanización de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos
- Digestión anaerobia de lodos de depuradora
- Codigestión anaerobia de deyecciones ganaderas y residuos agroalimentarios

Con independencia de su origen, el contenido en metano del biogás posibilita su uso como fuente de energía para diversas aplicaciones. Las distintas posibilidades de utilización del biogás para usos energéticos se basan en la producción de calor mediante calderas, siendo la opción más sencilla y económica, elec-

tricidad y/o calor con turbinas de gas o motores de cogeneración, inyección a la red de gas natural y la utilización como combustible en automóviles.

Para el uso del biogás en turbinas o motores es necesario que el biogás sea sometido a un proceso de filtrado de mecánico para la eliminación de partículas y en ocasiones a un proceso de limpieza, por ejemplo mediante filtros de carbón activo o biofiltros, para eliminar gases nocivos (como ácido sulfhídrico, amoníaco o siloxanos) y a un enfriamiento para condensar la humedad. El biogás se quema en la cámara de combustión de la turbina o el motor junto con un exceso de aire, produciendo una combustión completa. Acoplado un alternador al motor o la turbina se genera electricidad. Durante el proceso de combustión se desprende una gran cantidad de energía calorífica, los gases residuales salen



Titular de la planta: Porgaporcs. Ingeniería: ECOBIOGAS

a una temperatura entre 450°C y 500°C, de forma que con los dispositivos de intercambio adecuados se puede aprovechar el calor que se disipa para utilizarlo en otros procesos, esto es, vapor de baja presión hasta 15 bar o agua caliente hasta 100°C. El rendimiento eléctrico de una instalación de biogás oscila entre el 25 y el 33% con turbina y entre el 35 y el 38% con motor de cogeneración y el rendimiento global que puede alcanzarse (aprovechando los gases de escape) es del orden del 85% para las turbinas y del 80% para los motores. Se trata de unas tecnologías conocidas y de las cuales se encuentran en el mercado distintos suministradores. Como puntos críticos, estas tecnologías necesitan un PCI estable para el biogás, un índice de metano superior al 40% y requieren una producción de biogás elevada para conseguir una rentabilidad económica aceptable.

La inyección del biogás en la red de gas natural es otra posibilidad para valorizarlo. Para ello es preciso, además de un filtrado mecánico para eliminar partí-

culas y una eliminación de los gases corrosivos y de la humedad, la concentración del biogás, es decir, la eliminación del CO₂ que contiene, con el objetivo de aumentarle significativamente el contenido de metano, hasta un 97-98%. El rendimiento energético en este caso dependerá del uso final que se haga de este biogás depurado, descontando el consumo energético en la compresión del mismo. El principal aspecto favorable de esta tecnología es que permite una gran variedad de usos, los mismos que tiene el gas natural. Aunque como puntos críticos cabe mencionar la necesidad de una depuración del biogás muy estricta y la necesidad de comprimirlo hasta la presión de distribución (con su consumo energético asociado), elevando los costes de inversión y explotación. Actualmente en España no existe normativa de referencia para esta aplicación y por lo tanto su aplicación depende de acuerdos con las compañías distribuidoras de gas natural.

La utilización del biogás como combustible para transporte urbano puede plantearse como

lo sustitución del gas natural comprimido (GNC) o gas natural licuado (GNL). Esta opción consiste en la obtención de un combustible rico en metano y de características muy similares a las del GNC, depurando y concentrando el biogás hasta conseguir una concentración del 96-98% en metano. El rendimiento energético de esta posibilidad es el equivalente al rendimiento en el uso del GNC o GNL en transporte, menos el consumo energético en la compresión del gas. Las principales ventajas de su aplicación son el elevado coste del gasoil, con quien tiene que competir, la combustión más completa que con combustibles líquidos, la reducción de las emisiones del O₃ troposférico, de CO y el menor ruido. Los puntos críticos son similares a la inyección a la red, en cuanto a la depuración y compresión del biogás, además de la falta de disponer de una red de suministro.

La viabilidad del uso energético del biogás depende de los siguientes factores:

- Coste de la fuente energética que se sustituya; cuanto más alto sea este coste, más margen habrá para implantar nuevas tecnologías o de mayor inversión.

- Estado de madurez de la tecnología; si está probada y en fase comercial, los costes de inversión serán menores y la fiabilidad de la instalación mayor.

- Nivel de complejidad en la aplicación de la tecnología; si es relativamente simple, la fiabilidad será mayor y los costes operativos menores.

- Además de estos factores básicamente económicos, hay que considerar otros como:



- El impacto ambiental de la instalación
- El rendimiento energético del proceso
- La aceptación social

EL BIOGÁS EN LA UNIÓN EUROPEA

La producción de energía primaria de biogás en la Unión Europea (UE) llegó a los 7,5 millones de tep según los últimos datos del 2008, un incremento del 4,4% respecto el 2007. El biogás de vertedero representa el 39% del total, seguido por el 13% procedente de depuradoras urbanas e industriales. Las otras fuentes, principalmente plantas de biogás del sector agrícola y ganadero, plantas centralizadas de codigestión y plantas de bio-

metanización de residuos sólidos urbanos, representan casi la mitad de la producción de biogás en Europa, el 48%.

Los dos líderes europeos en producción de biogás son Alemania y el Reino Unido, ellos solos producen el 70% de la energía primaria de biogás en Europa. En pocos años, Alemania se ha convertido en el mayor productor de biogás, gracias al desarrollo de pequeñas plantas en explotaciones ganaderas de codigestión de deyecciones y cultivos energéticos (71% del total). En el Reino Unido, los vertederos son la principal fuente de biogás (86% del total de la energía primaria de biogás). España ocupa el séptimo lugar en esta lista europea, siendo su origen mayorita-

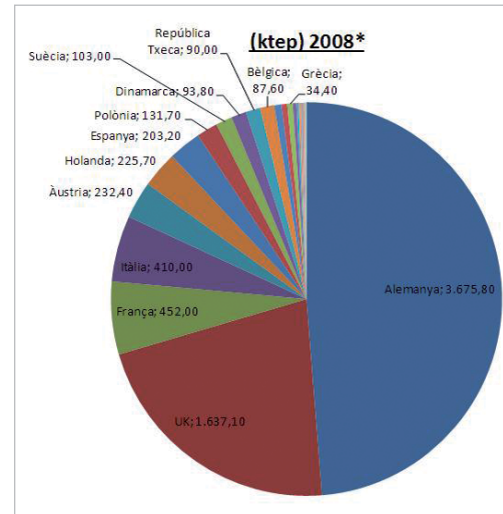


Figura 1. Producción de energía primaria de biogás en la UE (edición 2009 Eurobserv'ER)

rio también los vertederos. Los principales motivos de la baja implantación del biogás de origen agroganadero en España podrían resumirse en:



c/ Italia 1-3 bajos 3ª
08320 EL MASNOU
Barcelona

Tel. 93 540 54 00
Fax 93 540 54 01
biometsa@biometsa.es

- Pre-trituradores -
- Trituradores -
- Volteadoras de compost -
- Compactadora-encintadora -
- Compactadora de vertedero -
- Desgasificación de vertederos -
- Antorchas de incineración biogás -
- Gasómetros de doble membrana -
- Plantas de digestión anaerobia -
- Plantas de compostaje -
- Compostaje doméstico -



- Un modelo basado en una producción ganadera concentrada, lo que implica una elevada concentración de nitrógeno en el suelo en algunas zonas.

- La dificultad para aprovechar la energía térmica por la situación climática benigna

- Las tarifas eléctricas para el biogás se actualizaron al alza en el 2007, pero aún son insuficientes en algunos casos.

La producción de electricidad aumentó en 2008 más lentamente que la producción de energía primaria de biogás en la UE, fue un 3,9% respecto al 2007, con un total de 20TWh. Las plantas de cogeneración produjeron el 18,3%, lo que representan 3,7TWh. La producción de energía térmica aumentó en la UE en el 2007 un 2,5%, situándose en 357 ktep. La mitad de esta producción procede de unidades de cogeneración.

El aprovechamiento calorífico, mediante cogeneración o no, está apoyado por la presencia de mercados locales (calefacción de edificios, procesos industriales, etc), suministrados mediante sistemas de district heatings (calefacción de distritos). En Dinamarca, la mayor parte del biogás se produce a partir de plantas colectivas de codigestión de deyecciones ganaderas y otros residuos orgánicos, principalmente de la industria agroalimentaria. Se considera que en el 2007 se trataban mediante digestión anaerobia en Dinamarca el 6,5% de las deyecciones ganaderas. Este país es un buen ejemplo de aprovechamiento de la energía térmica, gracias a la presencia de un elevado número de pequeñas redes de district heatings, las cuales suministran el 60% de la demanda doméstica.

MARCO NORMATIVO ESPAÑOL. EL REAL DECRETO 661/2007

Las instalaciones de aprovechamiento energético de biogás con producción eléctrica están incluidas en el Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial. Están acogidos a este real decreto los productores de energía eléctrica a partir de cogeneraciones y las instalaciones de energías renovables y de tratamiento de residuos, clasificados en diferentes grupos; las instalaciones de biogás pertenecen al *grupo b.7*, incluyendo a su vez el biogás de vertedero en el *grupo b.7.1* y en el *grupo b.7.2* se incluye el biogás procedente de la digestión anaerobia de varios materiales (residuos biodegradables industriales, lodos de depuradora de



Titular de la planta: SAT Sant Mer. Ingenierías: ENERGI Y BIOVEC



aguas residuales urbanas o industriales, residuos sólidos urbanos, residuos ganaderos, residuos agrícolas y otros a los cuales sea aplicable dicho procedimiento de digestión anaerobia).

Otro grupo que tiene implicaciones con el biogás es el *grupo a*, de productores que utilizan la cogeneración y concretamente el *grupo a.1.3*, que se define como las cogeneraciones que utilizan como combustible principal biomasa y/o biogás, en los mismos términos que para el *grupo b.7*, y siempre que éste suponga al menos el 90% de la energía primaria utilizada. Sin embargo, la inclusión de una instalación en el *grupo a.1.3* implica el alcance de un alto rendimiento energético y el cumplimiento de un rendimiento mínimo establecido en el real decreto por cada tipo de combustible.

Según el RD 661/2007 se puede optar por vender la energía eléctrica a una tarifa regulada o vender en el mercado, con un precio de venta que será el precio que resulte en el mercado organizado complementado por una prima. Cada grupo definido en el RD 661/2007 tiene una retribución económica asignada que varía en función de la potencia instalada, en algunos casos. Para las instalaciones de biogás se resume en la figura 3.

El RD 661/2007 crea un escenario favorable para las cogeneraciones con biomasa y/o biogás, frente a otras opciones de valorización energética de estos recursos, aunque es exigente con aquellas cogeneraciones con poca valorización del calor. Para cuantificar el aprovechamiento del calor, en la normativa se define la energía térmica útil

bombas de vacío



antorchas





filtros de bandas



depuradoras



polielectrolitos



gasómetros



- Servicio continuo totalmente automatizado
- Importante reducción de volumen
- Ejecución compacta
- Alto rendimiento
- Mínimo consumo
- Bajo coste de explotación

TECNOLOGÍA QUE CUIDA DEL MEDIOAMBIENTE



C/del Centro,48 45200 Illescas (Toledo)
 Tlno: -34 925 54 2089 Fax: +34 923 51 9048
 e-mail: prosec@prosec-es.net web: www.prosec-es.net



Figura 3. Tarifas año 2010 para las instalaciones de los grupos a.1.3 (b.7.2) y b.7, para los primeros 15 años de una instalación, según el RD 661/2007

Grupo	Subgrupo	Potencia eléctrica	Tarifa regulada c€/kWh	Prima de referencia c€/kWh	Límite superior c€/kWh	Límite inferior c€/kWh
a.1.3) Cogeneraciones que supongan alto rend. energético y satisfagan los requisitos que se determinan en anexo I. Cogeneración con biogás y/o biomasa (min. 90% de la energía primaria utilizada)	b.7.2) Biogás generado en digestores	P ≤ 500 kW	14,12	11,14	-	-
		P ≥ 500 kW	10,53	6,92	-	-
b.7) Instalaciones que utilicen como combustible principal biomasa procedente de estiércoles, biocombustibles o biogás	b.7.1) Biogás de vertedero		8,45	4,47	9,47	7,87
	b.7.2) Biogás generado en digestores	P ≤ 500 kW	13,82	10,81	16,21	13,06
		P ≥ 500 kW	10,24	6,58	11,66	10,10
b.7.3) Estiércoles y biocomb. líquidos			5,67	3,73	8,81	5,39

de la siguiente forma: “es la producida en un proceso de cogeneración para satisfacer, sin superarla, una demanda económicamente justificable de calor y/o refrigeración y, por tanto, que sería satisfecha en condiciones de mercado mediante otros procesos, de no recurrirse a la cogeneración”. Es decir, la energía térmica útil es aquella que, si no fuera producida por la instalación, debería producirse de otra forma (consumiendo combustible), para satisfacer una demanda de calor o frío existente, tanto a efectos de un proceso industrial, como de climatización de un edificio.

La categoría a del RD661/2007 incluye las instalaciones de cogeneración que satisfacen los requisitos que se determinan en su anexo I, en el que se establece el rendimiento mínimo anual que deben cumplir y acreditar las instalaciones. Para ello, además deberá acreditar y justificar el calor útil producido por la planta y efectivamente aprovechado por la instalación consumidora del mismo. Cuando el aprovechamiento del calor útil se realice con el propósito indistinto de utilización como calor o frío para climatización de edificios, se atenderá a lo establecido en el anexo IX, para considerar

$$\text{Complemento eficiencia} = 1,1 * \left(\frac{1}{\text{REE}_{\text{min}}} - \frac{1}{\text{REE}_i} \right) * C_n$$

REE_{min} = REE mínimo por tecnología
 REE = REE acreditado por la planta
 C_n = coste de la materia prima calculada de acuerdo con la formulación recogida en el artículo 8 de la Orden ITC/1660/2009, de 22 de junio, por la que se establece la metodología de cálculo de la tarifa de último recurso de gas natural

Figura 5. Fórmula para el cálculo del complemento por eficiencia de las instalaciones que deben cumplir un REE mínimo, según el RD 661/2007

un periodo de tiempo distinto de un año. En la figura 4 se muestran las fórmulas para el cálculo del rendimiento.

En el caso de las plantas de biogás con cogeneración es necesario, para acogerse al régimen especial, que el rendimiento eléctrico equivalente REE de la instalación, en promedio de un período anual, sea igual o superior a 50% para potencias instaladas mayores de 1MW y 40% para potencias menores o iguales a 1MW. Cuando se acredite y se supere el cumplimiento del REE mínimo, existe el derecho de percibir un complemento por eficiencia por

Rendimiento eléctrico equivalente (REE)

$$\text{REE} = \frac{E}{\left[Q - \frac{V}{\text{RefH}} \right]}$$

Para climatización de edificios

$$E_{\text{REEO}} = \frac{V}{\text{RefH} * \left(\frac{1}{\eta_e} - \frac{1}{\text{REE}_0} \right)}$$

E= Energía eléctrica
 Q= Consumo Energía Primaria
 V= Calor útil
 RefH= Valor de referencia del rendimiento para la producción separada de calor

E_{REEO}= E eléctrica que cumpliría con el REE min. requerido (no podrá superar el valor de la electricidad vendida)
 η_e= rendimiento exclusivamente eléctrico de la instalación

Figura 4. Fórmulas para el cálculo del rendimiento de las instalaciones de cogeneración, según el RD 661/2007



Figura 6. Ejemplos del resultado del complemento por eficiencia para plantas de biogás, según el RD661/2007, para un Cn = 20€/MWhPCS.

Plantas de biogás con un REE acreditado del 60%		
Régimen de funcionamiento: 8000 h/año		
	Planta 1	Planta 2
Potencia instalada	2 MW	500 kW
REE mínimo	50%	40%
Complemento por eficiencia	117.333 €/año	73.333 €/año

kWh, aplicable únicamente sobre la energía cedida al sistema a través de la red, basado en un ahorro de energía primaria. La cuantía de dicho complemento se determina con la fórmula reflejada en la figura 5.

Y éstas fórmulas que representan económicamente? Para clarificar la implicación económica en la venta de la energía eléctrica que tiene el aprovechamiento del calor útil, en la figura 6 se muestran dos ejemplos.

APLICACIONES TÉRMICAS DEL BIOGÁS

Las aplicaciones térmicas de la energía generada con el bio-

gás, se pueden distinguir entre aplicaciones domésticas o industriales. Las domésticas consisten en la generación de agua caliente sanitaria y/o climatización (calefacción en invierno y refrigeración en verano) en viviendas unifamiliares o por dis-

trict heatings (redes de calefacción centralizadas: urbanizaciones, viviendas, edificios públicos, etc). La opción de transformar la energía térmica en refrigeración mediante máquinas de absorción resulta muy interesante, ya que en los últimos años, el incremento de máquinas de aire acondicionado de compresión mecánica y su concentración en ciertas franjas horarias ha implicado problemas de capacidad y regulación del sistema eléctrico, de forma que los sistemas que utilizan fuentes de energía renovables y se basan en el consumo de energía térmica en lu-

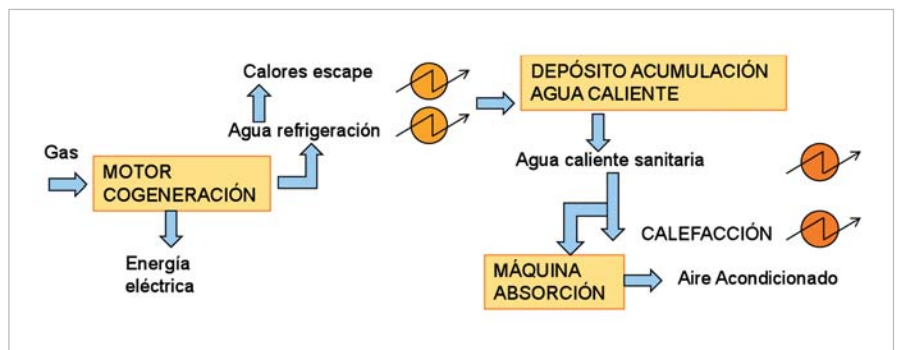


Figura 7. Esquema básico de una central de trigeneración.



Titular de la planta: SAT Moliné. Ingenierías: ECOBIOGAS

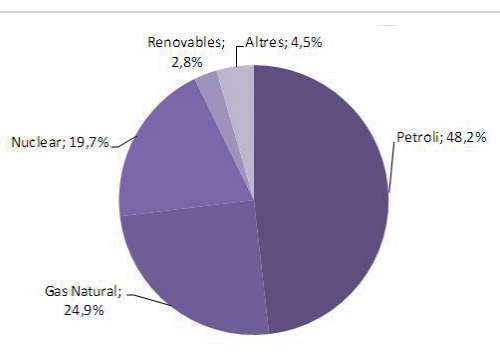


Figura 8. Distribución de fuentes energéticas en el consumo de energía primaria (Catalunya 2007). Fuente: ICAEN

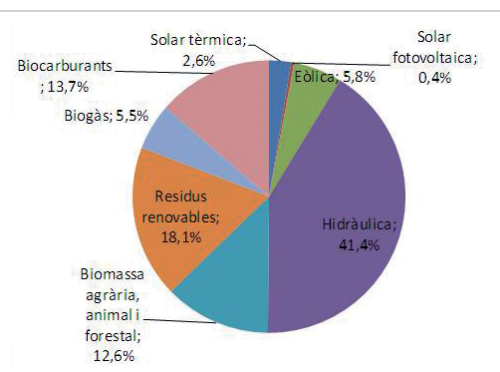


Figura 9. Distribución de fuentes energéticas renovables en el consumo de energía primaria (Catalunya 2007). Fuente: ICAEN

gar de eléctrica para su funcionamiento, como el método de absorción, mejoran la eficiencia energética y ofrecen ventajas medioambientales. A modo de ejemplo, una planta de codigestión anaerobia con una potencia eléctrica de 500kW y térmica de 539kW con un motor de cogeneración, que trate unas 30.000 toneladas/año entre deyecciones ganaderas y una parte de cosubstratos, puede vender a la red, con el precio correspondiente, la electricidad que genere, menos sus autoconsumos y puede abastecer de agua caliente sanitaria y calefacción a una población de unas 325 viviendas con unos 800 habitantes. Nada despreciable, pues, este potencial energético.

Las aplicaciones industriales del aprovechamiento térmico pasan por la calefacción del mismo proceso de digestión anaerobia (energía que no se

consideraría como calor útil a efectos de retribución), la calefacción de explotaciones ganaderas, el secado de un proceso industrial a la refrigeración por absorción.

Existen causas que limitan la viabilidad de la cogeneración por dificultades en valorizar el calor excedente, como son el clima benigno de España, en comparación con países del centro y norte de Europa y la inexistencia generalizada de redes de distribución de calor. En zonas o proyectos en que la valorización no sea posible, la viabilidad puede estar muy condicionada por las tarifas de venta de la electricidad.

EL BIOGÁS EN EL SECTOR GANADERO

El Institut Català d'Energia es la entidad que tiene asignada la ejecución de las actividades que resultan de la política energética de la Generalitat de Catalunya y del *Pla de l'Energia 2006-2015*. En el ámbito de las energías renovables y concretamente para el biogás, se están impulsando las plantas de generación y valorización del biogás en el sector ganadero, es decir, plantas de codigestión anaerobia de deyecciones ganaderas con otros materiales del sector agroalimentario. Mediante una línea de subvenciones, desde año 2006 hasta la actualidad, se han podido impulsar inversiones del orden de 25 millones de euros, lo que representa a día de hoy el funcionamiento de 6 plantas de estas características, otras 2 más en fase de construcción y una veintena de proyectos maduros en este ámbito.



Titular de la planta: Reig Pastor. Ingenierías: ECOBIOGAS



EL PLA DE L'ENERGIA DE CATALUNYA 2006-2015

El consumo de energía primaria en Catalunya durante el 2007 fue de 26.840,3 ktep, experimentando una contención en los últimos años, ya que ha aumentado un 1% de media anual en el período acumulado 2003-2007. Esto implica un cambio de tendencia muy importante respecto al que ha sido habitual en años precedentes (incrementos con tasas superiores al 4% anual en el período 1995-2003). En el 2007, el consumo principal de energía primaria es debido al petróleo con un 48,2% del consumo, mientras que el gas natural y la energía nuclear representan un

24,9% y un 19,7%, respectivamente. La producción con energías renovables diferentes de la hidroeléctrica se ha incrementado en un 47% durante el período 2003-2007, debido principalmente al aumento de la aportación de los biocarburantes, la energía eólica, la fotovoltaica y el biogás.

En términos absolutos, esta producción de energía renovable no hidroeléctrica ha aumentado desde 296 ktep en 2003 hasta 435 ktep en 2007. Pero este incremento no ha compensado la disminución considerable que ha tenido lugar en la producción de energía eléctrica de origen hidráulico, que ha sido, en Catalunya, de un 40,8%, por la situación de sequía que

hubo. El resultado de estos dos factores ha comportado una ligera reducción del peso de las energías renovables en el balance energético catalán, pasando de representar el 3,2% del consumo de energía primaria en 2003, al 2,8%, en 2007.

En los objetivos sectoriales previstos para el 2015 en el *Pla de l'Energia de Catalunya 2006-2015*, y después de la revisión de dicho plan realizada en el 2008, se establece una participación de las energías renovables del 10% en el consumo de energía primaria en Catalunya. Y para el biogás el objetivo es llegar a las 205,6 ktep, frente a las 41 ktep presentes en el 2007.



ESPECIALISTAS EN LA REALIZACIÓN DE SISTEMAS DE BIOGÁS ALTAMENTE INNOVADOS, QUE OFRECEN EL MÁXIMO RENDIMIENTO ENERGÉTICO



LOS SISTEMAS DE BIOGÁS AGRIPOWER ESTÁN REALIZADOS CON TECNOLOGÍAS DE VANGUARDIA Y PATENTES ORIGINALES SEKO QUE LOS CONVIERTEN EN EQUIPOS ÚNICOS, DESTINADOS A DURAR GENERACIONES

- Mayor rendimiento energético utilizando un 30% menos de biomasa
- Revolucionario software de gestión automática de todo el sistema que necesita la presencia de un operador solo durante algunas horas por día
- Características y rendimientos industriales al mismo precio de una instalación agrícola
- Un concentrado de alta tecnología y de alta calidad aplicada a todos los componentes

SEKO SpA - 35010 CURTAROLO (PD) ITALY - Tel. +39 049 9699888 - www.sekospa.com - marketing@sekospa.com