

Aprovechamiento de residuos para obtención de BIOGAS. Producción de electricidad

Finca La Orden

18 de Noviembre de 2009



¿QUÉ ES EL BIOGAS?

Se denomina así al producto gaseoso procedente de la digestión anaerobia de materia orgánica en ausencia de oxígeno, mediante la acción de varios grupos de bacterias específicas.

Esta compuesto de una mezcla de CH_4 y CO_2 , y en menor medida otros gases como H_2 y H_2S

Finca La Orden

18 de Noviembre de 2009



FUENTES DE PRODUCCIÓN DEL BIOGAS

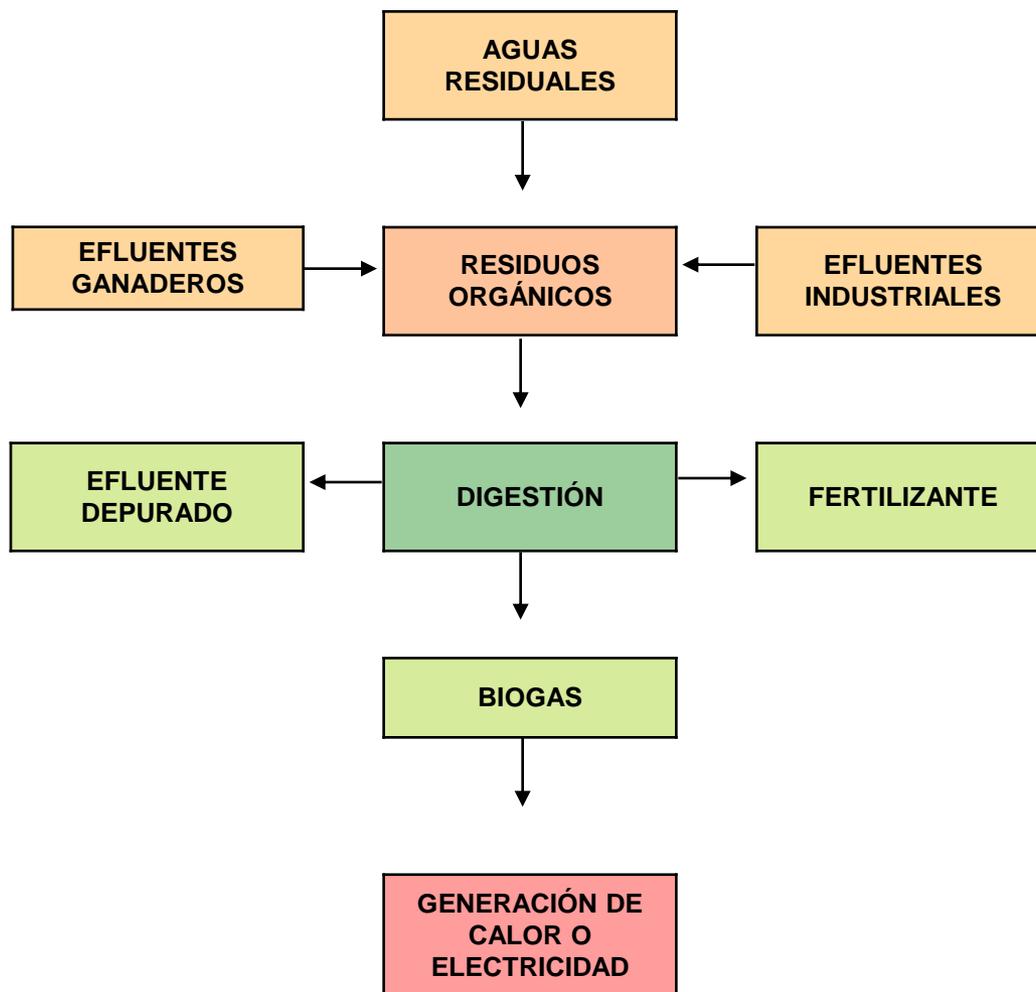
- **Tratamiento de aguas residuales y lodos procedentes del tratamiento de aguas residuales.**
- **Tratamiento de residuos ganaderos**
- **Tratamiento de residuos industriales**
- **Fracción orgánica de los RSU (Residuos sólidos urbanos), captación de gases de vertedero.**

Finca La Orden

18 de Noviembre de 2009



III Jornada, Biocombustibles, Aplicaciones prácticas en la industria agroalimentaria



Finca La Orden
18 de Noviembre de 2009



FUNCIONES DE LA DIGESTIÓN ANAEROBIA

- **Tratamiento de residuos (Reducción DQO, eliminación de olores, mineralización).**
- **Reducción de emisiones incontroladas de gases efecto invernadero (el metano CH₄ tiene un efecto invernadero 20 veces superior al CO₂).**
- **Producción de una fuente de energía renovable (Biogas).**

Finca La Orden

18 de Noviembre de 2009



USOS DEL BIOGAS

- **En motores o turbinas para generación de electricidad.**
- **En calderas para producir calor o electricidad**
- **Como combustible de automoción**
- En pilas de combustibles, previa eliminación de H₂S y otros contaminantes.
- Para, una vez purificado, introducirlo en una red de gas natural.
- Como material de base para productos de alto valor añadido, como metanol.

Finca La Orden

18 de Noviembre de 2009



ALGUNOS CONCEPTOS TÉCNICOS PREVIOS

DQO(COD): Demanda Química de Oxígeno, es el volumen de oxígeno necesario para oxidar la fracción orgánica de una muestra susceptible de oxidación química (se valora con dicromato potásico en medio ácido).

DBO(BOD): Demanda Biológica de Oxígeno, es la medida de la cantidad de oxígeno necesaria para la oxidación de la materia orgánica biodegradable como resultado de oxidación bioquímica aerobia.

DBO5: Demanda Biológica de Oxígeno en cinco días de incubación.

SIEMPRE: DQO > DBO

SV Sólidos volátiles, Materia orgánica que se volatiliza a una temperatura de 550 °C

Finca La Orden

18 de Noviembre de 2009



EL PROCESO DE LA DIGESTIÓN ANAEROBIA CONDICIONES INDISPENSABLES

Para que se produzca un proceso de digestión anaerobia, se deben cumplir al menos las tres siguientes condiciones:

- Que exista un sustrato de elevada carga orgánica (que del contenido en materia sólida, entre el 30 y el 90% sea materia orgánica).**
- Ausencia de aire.**
- Presencia de los organismos necesarios para, a partir de materia orgánica, producir metano.**

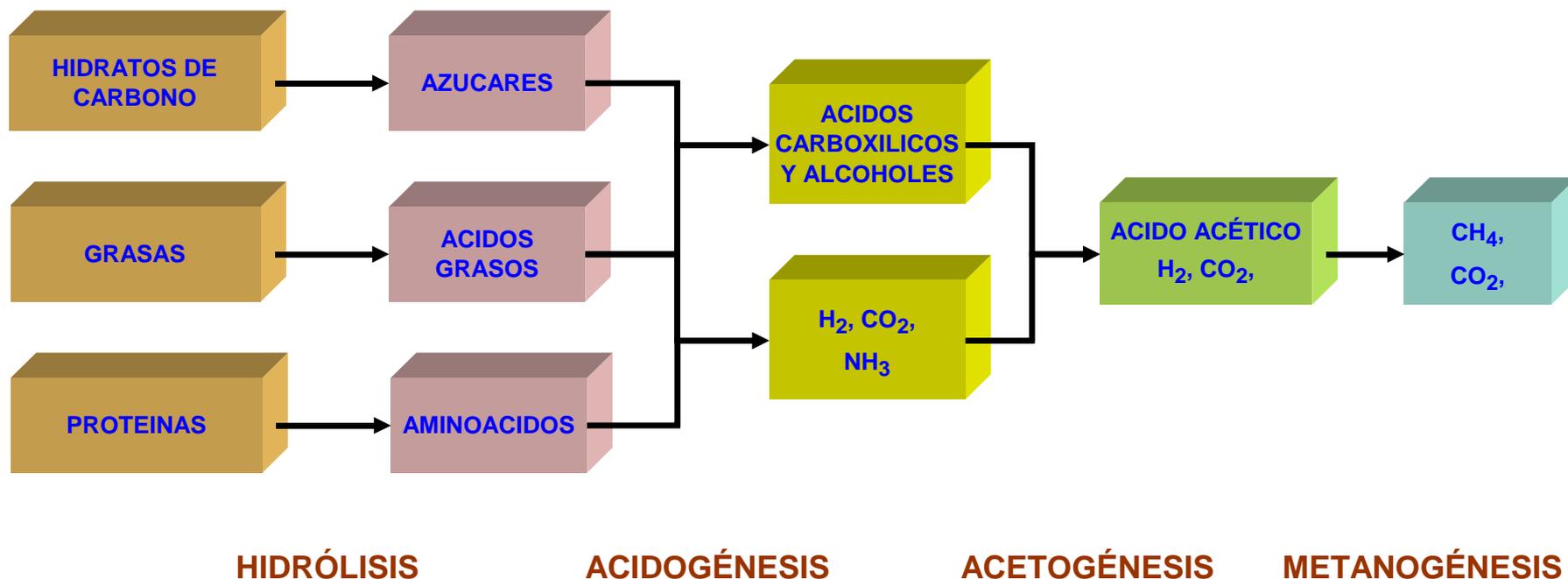
EL PROCESO DE LA DIGESTIÓN ANAEROBIA LOS MICROORGANISMOS

Aunque en el proceso de biodigestión intervienen al menos cinco grupos de microorganismos distintos, éstos se pueden clasificar en dos grandes grupos:

- Bacterias acidogénicas, productoras de ácido, que degradan la materia orgánica a elementos más simples como los ácidos, alcoholes y aldehídos.**
- Las bacterias metanogénicas, productoras de metano, que utilizan los productos formados por las bacterias anteriores, y producen metano y dióxido de carbono.**

DESCOMPOSICION DE LA MATERIA ORGANICA

etapas del proceso de digestion anaerobia



Finca La Orden

18 de Noviembre de 2009

DINÁMICA DE LA DIGESTIÓN ANAEROBIA

Las distintas fases de la digestión anaerobia están reguladas por microorganismos distintos con velocidades de crecimiento distinto y con reacciones distintas a los distintos compuestos intermedios que se generan, que actúan muchas veces como inhibidores y reguladores de las reacciones.

Dependiendo de las condiciones del sustrato, la fase limitante es una u otra. Así, en sustratos solubles, la fase limitante es la metanogénesis, con lo que es importante el diseño que conduzca a elevadas concentraciones de organismos metanogénicos. En sustratos con elevado contenido de materia orgánica en forma de partículas, la fase limitante es la hidrólisis, en este último caso se necesitan tiempos de retención más largos.

COMPOSICIÓN DEL BIOGAS

Una composición típica del biogas podría ser:

- Metano (55-70%)
- CO₂ (35-40%)
- Nitrógeno (0,5-5%)
- Hidrógeno (1-3%)
- Sulfuro de hidrógeno (0,1%)
- Vapor de agua (trazas)

Finca La Orden

18 de Noviembre de 2009



COMPOSICIÓN DEL BIOGAS

Una composición típica del biogas podría ser:

- Metano (55-70%)
- CO₂ (35-40%)
- Nitrógeno (0,5-5%)
- Hidrógeno (1-3%)
- Sulfuro de hidrógeno (0,1%)
- Vapor de agua (trazas)

Finca La Orden

18 de Noviembre de 2009



FACTORES QUE AFECTAN LA DIGESTIÓN ANAEROBIA

- pH,
- Temperatura,
- Concentración de sólidos a digerir,
- Tiempo de duración del proceso,
- Grado de mezcla,
- Alcalinidad,
- Materiales tóxicos existentes,

PARÁMETROS OPERACIONALES(1)

- pH, cercano a la neutralidad
- Temperatura, tres tipos de rangos operacionales en función de la temperatura:
 - Psicofílico (Temperatura ambiente)
 - Mesofílico (Temperaturas en torno a 35°C)
 - Termofílico (Temperaturas en torno a los 55 °C)

PARÁMETROS OPERACIONALES(2)

- El tiempo de retención

Es el cociente entre el volumen y el caudal de tratamiento, es decir el tiempo medio de permanencia en el reactor.

- Velocidad de carga orgánica

Cantidad de materia orgánica introducida por unidad de volumen y tiempo.

TRC (tiempo de retención celular):

Tiempo que los microorganismos permanecen en el digestor

$$\theta_c = Q_s.C_s/V_d.C_d,$$

donde Q_s es el caudal de fango purgado

C_s el contenido en SV del mismo,

V_d es el volumen del digestor y

C_d la concentración de SV en el digestor.

Finca La Orden

18 de Noviembre de 2009



DIMENSIONAMIENTO DE UN DIGESTOR ANAEROBIO

Los tiempos de retención determinados son siempre teóricos e ideales,

se parte de :

- que la mezcla sea perfecta,**
- que la temperatura sea uniforme en toda la masa,**
- que la llegada del fango se haga de manera uniforme, etc.,**

y la realidad es que esto nunca es así.

BIOGAS DE DIGESTION ANAEROBIA

- ❑ Suele aplicarse un coeficiente de seguridad, normalmente comprendido entre 1,5 y 2,5.
- ❑ Según los gráficos anteriores: el valor ideal es de unos 10 días,
- ❑ Aplicando el coeficiente anterior, a 35 °C el TRH debe de estar entre 15 y 25 días como mínimo.

DIMENSIONAMIENTO DE UN DIGESTOR ANAEROBIO

El gas que se produce en la digestión anaerobia está en relación directa con la cantidad de sólidos volátiles destruidos y con la temperatura del proceso,

Tiene valores comprendidos entre 0,75 y 1,1 Nm³/kg de materia volátil destruida.

BIOGAS DE DIGESTION ANAEROBIA

El poder calorífico del biogas varía

entre 5,0 y 7,0 kW/Nm³,

(4300 – 6000 kcal/Nm³)

con un valor medio de

alrededor de 6,6 kW/Nm³.

(5700 kcal/Nm³)

Finca La Orden

18 de Noviembre de 2009



BIOGAS DE DIGESTION ANAEROBIA

TRATAMIENTO DEL GAS

- ❑ Para combustión en quemadores de gas sobrante y calderas, este tratamiento será mínimo.
- ❑ Para motores de combustión, la calidad debe ser mejorada, a fin de eliminar los productos que pueden causar corrosión, como el SH_2 y el agua.

LA BIODIGESTIÓN ANAEROBIA
DEL PURÍN DE PORCINO

Finca La Orden
18 de Noviembre de 2009



1. CARACTERÍSTICAS Y COMPOSICIÓN DEL PURÍN DE PORCINO

- Los **efluentes líquidos** de las granjas intensivas de ganado porcino o vacuno se denominan vulgarmente purines.
- Son la mezcla de **orina, heces y aguas** de lavado de las granjas.
- Están mayoritariamente constituidas por agua, conteniendo alrededor de **un 3% a un 9%** en peso de materia sólida en suspensión y en solución.

1. CARACTERÍSTICAS Y COMPOSICIÓN DEL PURÍN DE PORCINO

* COMPOSICIÓN DE UN PURÍN DE CERDO:

- Contenido en materia seca total (% peso)	6%
- Contenido en materia orgánica (% peso)	4%
- DQO (mgr O ₂ /litro)	68.000
- DBO5 (mgr O ₂ /litro)	23.000
- Nitrógeno (% en peso de materia seca)	9
- P ₂ O ₅ (% en peso de materia seca)	5
- K ₂ O (% en peso de material seca)	7
- Cu (ppm)	28
- Zn (ppm)	42

Finca La Orden

18 de Noviembre de 2009



2. PURÍN DE VACUNO

- El purín de vacuno tiene una composición análoga, si bien el contenido en materia sólida y en nitrógeno suelen ser más altos.
- Así, típicamente puede encontrarse un purín de vaca con 8% en peso de materia sólida y con 12% en peso de N sobre la materia sólida.
- En cambio, los contenidos en Cu y Zn suelen ser más bajos (2 ppm y 15 ppm, por ejemplo).

3. CONDICIONES DE LA BIODIGESTIÓN ANEROBIA DEL PURÍN

- La biodigestión anaerobia del purín puede realizarse en condiciones mesofílicas (35 °C - 37 °C) o termofílicas (50 °C-55 °C).
- En el primer caso, la biodigestión es más controlable y se requieren tiempos de retención hidráulica de 18-22 días.
- En la digestión termofílica, la operación es más sensible a inhibidores (por ejemplo al contenido en amoníaco del propio purín), pero se requieren tiempos de retención hidráulica menores, del orden de 12-16 días.
- El proceso en condiciones termofílicas tiene además la ventaja de la eliminación de los gérmenes patógenos.
- En general, el proceso mesofílico se usa cuando el purín constituye más del 60% de la alimentación al biodigestor, en tanto que el termofílico puede utilizarse cuando se realiza cobiodigestión con otros residuos y el purín está en menor concentración.
- La razón de esta discriminación reside en la concentración de nitrógeno amoniacal, mayor en el purín que en otros residuos y al hecho de que el contenido en amoníaco libre (inhibidor) es tres veces mayor a 50 °C que a 38 °C.

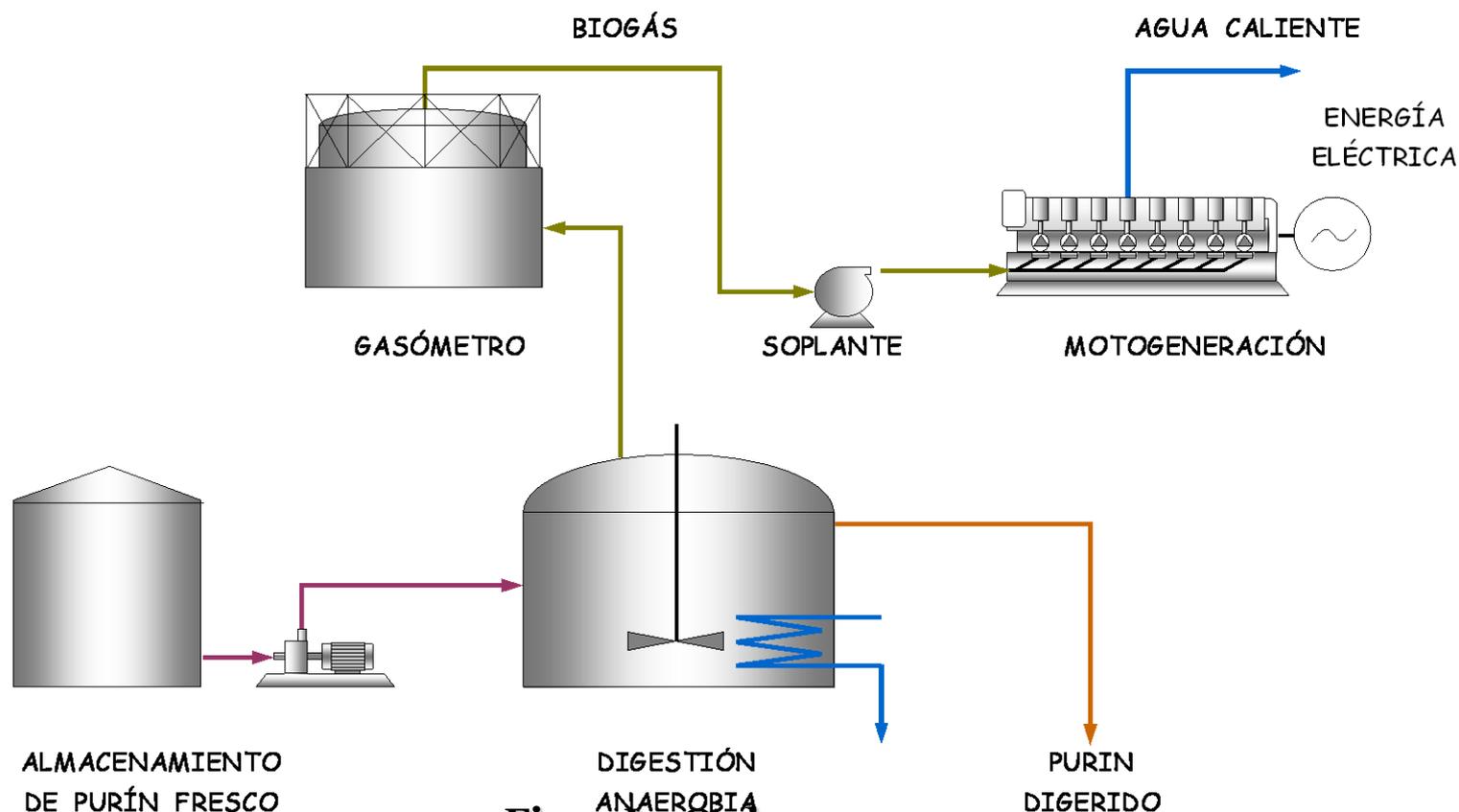
Finca La Orden

18 de Noviembre de 2009



3. CONDICIONES DE LA BIODIGESTIÓN ANEROBIA DEL PURÍN

* BIODIGESTIÓN ANAEROBIA DE PURÍN



Finca La Orden

18 de Noviembre de 2009



SENER

4. RENDIMIENTOS Y CARACTERÍSTICAS DEL BIOGÁS Y DEL PURÍN DIGERIDO

- La producción de biogás en régimen mesofílico con una DQO del orden de 70.000mgr O₂/l es de 15 Nm³ por tonelada de purín. El biogás contiene 60-70% en volumen de metano, siendo el resto mayoritariamente anhídrido carbónico.
- El biogás generado por la digestión anaerobia del purín contiene sulfuro de hidrógeno en cantidades del orden de 2.000 a 5.000 ppm. Para reducir esta concentración, se añade cloruro férrico durante la biodigestión, o bien se depura el biogás por medios químicos o biológicos.
- La biodigestión elimina la materia orgánica putrescible y responsable del mal olor fecal que caracteriza al purín.
- La DQO se reduce en un 40-60 % y la materia sólida en un 25-40 %. El nitrógeno ureico se transforma en amoniacal, por lo que aumenta el contenido, ya inicialmente alto, de nitrógeno amoniacal en el purín digerido hasta más del 70 % del nitrógeno total.

Finca La Orden

18 de Noviembre de 2009



4. RENDIMIENTOS Y CARACTERÍSTICAS DEL BIOGÁS Y DEL PURÍN DIGERIDO

* DATOS DE UNA INSTALACIÓN DE DIGESTIÓN ANAEROBIA

- Capacidad 100.000t/a (DQO:70.000mg/l)
- Régimen mesofílico (37°C, 20 días de retención)
- Generación de biogás 1,5 mill. de Nm³/año (65% CH₄)
- Calor disponible (agua caliente) 4 mill. de kWh/año (motogenerador de 0,5MW)
- Calor adicional opcional recuperable de humos del motogenerador 2 mill. de kWh/año
- Inversión Coste neto de tratamiento 3 mill. de €
- Inversión Coste neto de tratamiento 6 a 8€/t de purín (sin transporte del purín).

Finca La Orden

18 de Noviembre de 2009



5. LA CODIGESTIÓN DE PURINES CON OTROS RESIDUOS O SUBPRODUCTOS

- El purín es una materia prima para biodigestión, caracterizada porque la relación N/C es muy alta.
- Por ello, la adición de otros residuos de la industria alimentaria con un contenido mayor en carbono, mejora la marcha de la biodigestión y produce mayor cantidad de biogás.
- En España, se han realizado estudios en la Universidad de Lérida, añadiendo diversos residuos en pequeñas cantidades al purín, consiguiéndose elevaciones importantes de la producción de biogás.
- Algunos de estos residuos se están utilizando ya a escala industrial.

III Jornada, Biocombustibles, Aplicaciones prácticas en la industria agroalimentaria

5. LA CODIGESTIÓN DE PURINES CON OTROS RESIDUOS O SUBPRODUCTOS

* RESULTADOS DE CODIGESTIÓN DE PURÍN CON OTROS SUBPRODUCTOS O RESIDUOS

<u>MATERIAL</u>	<u>DQO</u> <u>(gr O₂/Kg)</u>	<u>%</u> <u>AÑADIDO</u>	<u>PRODUCCIÓN BIOGÁS</u> <u>(Nm³/t de purín)</u>
- Purín	50	--	12
- Lodo de depuradora (20% de sólidos)	230	6%	15
- Lodo de depuradora seco	1.300	3%	20
- Residuo de matadero	320	5%	17
- Gallinaza	264	5%	16
- Tierras de purificación de aceite de oliva	--	3%	18
- Residuo de la extracción de café	625	5%	20

Finca La Orden

18 de Noviembre de 2009



5. LA CODIGESTIÓN DE PURINES CON OTROS RESIDUOS O SUBPRODUCTOS

* PLANTAS CON PROCESOS DE CODIGESTIÓN DE PURINES (DINAMARCA)

<u>COMPOSICIÓN A BIODIGESTIÓN (%)</u>	<u>PLANTA 1</u>	<u>PLANTA 2</u>	<u>PLANTA 3</u>	<u>PLANTA 4</u>	<u>PLANTA 5</u>
- Purines de cerdo	78%	3%	66%	20%	22%
- Purines de vaca	15%	59%	13%	27%	43%
- Residuos matadero	--	18%	4%	18%	--
- Lodos de depuradora de matadero	1%	20%	--	18%	--
- Residuos de la industria conservera (pescado)	--	--	6%	33%	--
- Otros residuos	6% (*)	--	7% (**)	11%	2%
- Rendimiento con biogás (Nm ³ /t)	25	41	52	76	92

(*) Principalmente de la industria azucarera.

(**) Principalmente de la industria lechera. **Finca La Orden**

18 de Noviembre de 2009



EL PROCESO VALPUREN® DE TRATAMIENTO CON
COGENERACIÓN ASOCIADA
DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

Finca La Orden

18 de Noviembre de 2009



III Jornada, Biocombustibles, Aplicaciones prácticas en la industria agroalimentaria

OPERACIONES UNITARIAS

- Digestión anaerobia del purín con recogida del biogás
- Centrifugación separando la fase sólida de la líquida.
- Neutralización de la fase líquida con ácido sulfúrico (fijación del nitrógeno amoniacal).
- Concentración a vacío (del líquido neutralizado) y recogida del agua condensada.
- Secado del concentrado y de la fase sólida centrifugada,
 - obteniendo un producto fertilizante en polvo.
 - recogiendo el agua condensada.
- Peletización del producto fertilizante orgánico-mineral.

CARACTERÍSTICAS DE LA UNIDAD AUXILIAR DE COGENERACIÓN

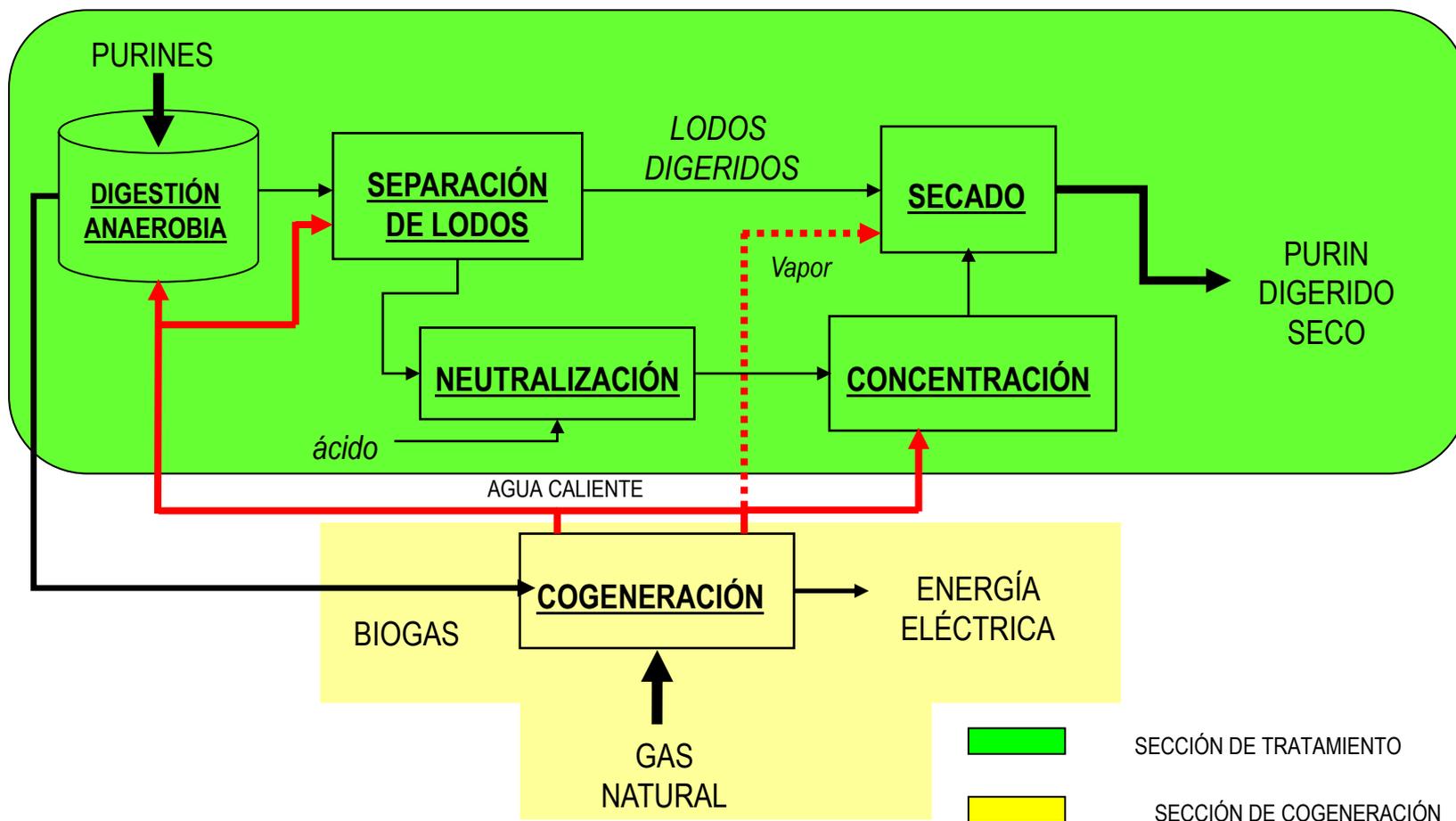
- Motores a gas consumiendo gas natural y el biogás generado en la biodigestión.
- Aprovechamiento del calor del agua de refrigeración de las camisas de los motores en la biodigestión y en la concentración a vacío.
- Aprovechamiento del calor de los humos, generando vapor, para el secado

Finca La Orden

18 de Noviembre de 2009



PROCESO VALPUREN®



Finca La Orden

18 de Noviembre de 2009

- Gracias por su atención

J. Fernando Suárez Mejido

fernando.suarez@sener.es

fernando.suarez@valpur.com

Finca La Orden

18 de Noviembre de 2009

