

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 388 025**

21 Número de solicitud: 201031457

51 Int. Cl.:

**C12P 3/00** (2006.01)

**C12P 5/02** (2006.01)

**C01B 3/02** (2006.01)

**C08J 11/00** (2006.01)

**B09B 3/00** (2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A1

22 Fecha de presentación: **30.09.2010**

43 Fecha de publicación de la solicitud: **05.10.2012**

43 Fecha de publicación del folleto de la solicitud:  
**05.10.2012**

71 Solicitante/s:  
**ENDESA, S.A.**  
**RIBERA DE LOIRA, 60**  
**28042 MADRID, ES**

72 Inventor/es:  
**GÓMEZ BARRIOS, XIOMAR;**  
**REDONDAS MONTESERIN, VANESSA y**  
**MORÁN PALAO, ANTONIO**

74 Agente/Representante:  
**Pons Ariño, Ángel**

54 Título: **PROCEDIMIENTO PARA LA OBTENCIÓN DE HIDRÓGENO Y METANO A PARTIR DE RESIDUOS ORGÁNICOS.**

57 Resumen:

Procedimiento para la obtención de hidrógeno y metano a partir de residuos orgánicos.  
La presente invención se refiere a un procedimiento para la obtención de hidrógeno y metano a partir de residuos orgánicos en presencia de microorganismos facultativos y anaerobios estrictos capaces de generar hidrógeno a partir de los residuos, obteniéndose un licor en el que ha aumentado el contenido de ácidos grasos volátiles; y una segunda etapa, que comprende introducir este licor en un segundo reactor, para tratar la suspensión fermentada y convertir los ácidos orgánicos volátiles en metano mediante la acción de cultivos metanogénicos, obteniéndose como resultado dióxido de carbono y metano que se retiran, junto con una corriente líquida, de cual una fracción se recircula al primer reactor y una corriente efluente final se extrae del sistema.

ES 2 388 025 A1

## DESCRIPCIÓN

**Procedimiento para la obtención de hidrógeno y metano a partir de residuos orgánicos**

La presente invención se refiere a un método de tratamiento de residuos orgánicos que sirven para obtener gases, tales como hidrógeno y metano, así como un producto con una mayor estabilidad bioquímica.

**ESTADO DE LA TÉCNICA ANTERIOR**

Los procesos de producción de hidrógeno por vía biológica son recientes y abren un nuevo campo de desarrollo tecnológico. Entre los procesos de producción de hidrógeno por vía biológica se encuentra la biofotólisis directa o indirecta, la foto-fermentación, la producción a partir de la reacción de electrólisis del agua “water-shift” por vía biológica y la fermentación oscura. Entre todos estos procesos, es el proceso de fermentación oscura el que actualmente presenta las mayores posibilidades de desarrollo, dado que los rendimientos conseguidos hasta el momento son muy superiores a cualquiera de los procesos anteriores. Bajo condiciones mesofílicas los rendimientos reportados por distintos autores varían entre 8 y 120 mmol H<sub>2</sub>/(lxh) (Lindblad et al., *Int J Hydrogen Energy* **2002**, 27 p. 1297-302.). En contraposición, los rendimientos obtenidos para cualquiera de los otros procesos biológicos varían entre 0,07-0,36 mmol H<sub>2</sub>/(lxh) (Melis, *Int J Hydrogen Energy*, **2002**, 27:1217-28) a excepción del proceso biológico “water-shift” cuyo rendimiento reportado por Zhu et al. (en *Int. J. Hydrogen Energy*, **(2002)** 27:1349-58) es de 96 mmol H<sub>2</sub>/(lxh).

Kim, S-H, et al. (en *Int J Hydrogen Energy*, 29(15):1607-16 (**2004**)) estudiaron para sistemas discontinuos el proceso de producción de hidrógeno por co-fermentación de residuos sólidos urbanos y lodos de depuradora, a varias concentraciones de sólidos volátiles y distintas proporciones de mezcla. Las conclusiones más importantes a las que llegaron fueron: el potencial de producción de hidrógeno es mayor en el caso de residuos sólidos urbanos que

en los lodos de depuradora; la adición de un porcentaje de 13-19% de lodos de depuradora en los residuos sólidos urbanos, puede aumentar la producción de hidrógeno.

- 5 Además, de los altos rendimientos obtenidos en la producción de hidrógeno por fermentación oscura, la ventaja adicional que presenta el proceso es que no depende de fuentes de luz externa y, por lo tanto, no se requiere que el licor en el que están presentes los microorganismos sea transparente, además en el caso de cultivos mixtos no se requiere la esterilización previa del material  
10 utilizado como sustrato, lo que hace que ésta técnica sea ideal para el tratamiento de biomasa residual.

El proceso biológico de producción de hidrógeno se fundamenta principalmente en la presencia de una enzima productora de hidrógeno. Se cree que la  
15 cantidad o la actividad inherente a esta enzima limita la conversión en el proceso global.

La mayoría de la conversión microbiológica de hidrógeno se deriva del metabolismo anaerobio del piruvato formado durante el catabolismo de varios  
20 sustratos. La fermentación anaerobia o fermentación oscura, como también se le conoce al proceso de producción de hidrógeno por vía anaerobia, permite conseguir rendimientos cercanos a 2-3 moles de hidrógeno por mol de glucosa (Hallenbeck y Benemann, *Int J Hydrogen Energy*, **2002** 27 (11-12):1185-93).

25 En el caso de la obtención de hidrógeno por vía anaerobia, el proceso es muy similar al ya conocido de digestión anaerobia. Las bacterias fermentativas productoras de hidrógeno pueden ser cultivadas como cultivos puros o cultivos mixtos y se pueden obtener a partir del inóculo proveniente de sistemas de conversión anaerobia, del compost o del suelo. El proceso anaerobio  
30 convencional puede ser dividido en dos etapas: acidificación y producción de metano. Cada etapa se lleva a cabo por un número de microorganismos diferentes a través de interacciones sintróficas. La acidificación produce

hidrógeno como subproducto, el cual a su vez es utilizado como donante de electrones por muchos metanógenos en la segunda etapa del proceso. Sin embargo, el hidrógeno en sí mismo tiene un alto valor comercial. Puede ser interesante extraer el hidrógeno producido en la primera etapa del proceso y  
5 dejar los sub-productos generados en la primera etapa (ácidos grasos volátiles) para ser convertidos a metano en una etapa subsiguiente. Sin embargo, una primera etapa para la producción de hidrógeno durante el proceso de acidificación involucra por tanto el control del pH en el primer reactor mediante la adición de alcalinidad al sistema, tornándose este aspecto en una  
10 desventaja.

La producción de energía eléctrica mediante motores de co-generación permite el aprovechamiento de 1/3 de la energía total contenida en el biogás de digestión anaerobia (metano y dióxido de carbono). En el caso de las pilas de  
15 combustible el aprovechamiento energético en términos de electricidad producida se ve aumentado. Así, en el caso de la utilización de pilas de combustibles alimentadas por hidrógeno se estima un aprovechamiento entre el 55-60% en producción de energía eléctrica (Vijayaraghavan y Soom, *Environ. Sci.* **2006** 3(4):255–71). Esto hace que la producción de hidrógeno por esta vía  
20 sea un objetivo muy interesante.

Otra dificultad añadida al proceso de generación de hidrógeno por vía biológica radica en la obtención de un inóculo productor de hidrógeno a escala industrial. El uso de cultivos mixtos procedentes de inóculos de sistemas de digestión  
25 anaerobia es factible para generar hidrógeno a partir de residuos no estériles a gran escala. Los lodos de depuradora, compost, muestras de suelo, etc., han sido utilizados para proporcionar inóculos para la producción de hidrógeno (Horiuchi et al., **2002** *Bioresour. Technol.*, 82:209–13), con la aplicación de diferentes pre-tratamientos, como el calentamiento (Logan et al., **2002** *Environ. Sci. Technol.*, 36:2530–35) y la acidificación del inóculo (Chen et al., **2002** *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 58:224–28; Lin and Chou, **2004** *Eng. Life Sci.*, 4(1):66-  
30

70), para obtener bacterias anaerobias formadoras de esporas (tales como especies de *Clostridium spp.*).

5 La eliminación de las etapas de pre-tratamiento para el inóculo permite facilitar la implementación de la fermentación oscura en las plantas de digestión anaerobia ya existentes. A este respecto, pueden utilizarse cultivos mixtos procedentes de sistemas de digestión anaerobia como inóculos y que incluyen microorganismos anaerobios estrictos (especies de *Clostridium spp.*) y microorganismos anaerobios facultativos productores de hidrógeno. Estos  
10 últimos son especies de los géneros *Enterobacter spp.* o *Bacillus spp.* que pueden obtener energía tanto por respiración (en presencia de oxígeno) como por fermentación (en ausencia de oxígeno) produciendo en este último caso hidrógeno.

15 La heterogeneidad genética de poblaciones durante la producción de hidrógeno a partir de inóculos mixtos ha sido estudiada por diferentes autores (Fang et al., **2002**, *Biotechnol Bioeng*, 78:44–52; Kim et al., **2006** *Process Biochemistry*, 41:199-207; Jo et al., **2007** *Biotech.*, 131(3):300-08). En estos consorcios de microorganismos, además de microorganismos productores de hidrógeno, se  
20 ha detectado la presencia de microorganismos pertenecientes a géneros tales como, *Lactobacillus spp.* y *Enterococcus spp.* entre otros, cuyo metabolismo fermentativo no produce hidrógeno libre. Sin embargo, se trata de microorganismos que poseen gran variedad de genes que codifican diversas rutas hidrolíticas y cuyo papel principal es la capacidad de hidrolizar  
25 compuestos complejos a otros fácilmente asimilables por las bacterias productoras de hidrógeno, estableciéndose una relación sintrófica entre todos los microorganismos presentes en el fermentador.

30 Por otra parte se han descrito diversas tecnologías para la producción de hidrógeno por vía anaerobia fermentativa en documentos de patente. Algunos de estos documentos se centran en la tecnología del digester (US2005009159-A1) como en el uso de reactores de membranas que utilizan biopelículas

adherido a estas (US7083956B2), y otros se refieren a la configuración del proceso o a los microorganismos utilizados en él (US2005009159-A1, US5834264; US5705374). También se han presentado patentes asociadas al proceso de fermentación de residuos en dos etapas (US7575907) y referidas a  
5 mecanismos destinados a incrementar los rendimientos de producción de hidrógeno en los procesos biológicos (US20090325255).

Si bien, las tecnologías del estado de la técnica han supuesto un progreso continuado en la producción de hidrógeno a partir de biorresiduos, es deseable  
10 poder disponer de un procedimiento biológico alternativo para la producción de hidrógeno a partir de residuos orgánicos que combine una simplicidad de ejecución con rendimientos, que según los casos, puedan ser lo suficientemente buenos para ser utilizados industrialmente.

## 15 **BREVE DESCRIPCIÓN DE LA INVENCIÓN**

La presente invención proporciona un procedimiento alternativo para la obtención de hidrógeno y metano a partir de residuos orgánicos, o bioresiduos. Un aspecto de la presente invención se refiere a un procedimiento de  
20 producción de hidrógeno y metano (a partir de ahora procedimiento de la invención) que comprende:

a) hidrólisis en un reactor en condiciones mesófilas de una suspensión acuosa de bioresiduos triturados con porcentaje en peso de sólidos  
25 de entre el 2 y el 15%,

b) captura de la corriente gaseosa que comprende H<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> obtenida en la hidrólisis de la etapa (a),

30 c) metanogénesis del efluente no gaseoso obtenido en (a), en concreto a partir de los ácidos orgánicos volátiles, en otro reactor en condiciones mesófilas,

d) captura de la corriente gaseosa que comprende  $\text{CH}_4$  y  $\text{CO}_2$  obtenida en la metanogénesis de la etapa (c),

e) separación del efluente no gaseoso procedente de la etapa (c), y

5

f) recirculación del sobrenadante obtenido en la etapa (e) al reactor de la etapa (a).

10 Dada la desventaja de los sistemas de fermentación oscura asociada al alto consumo de alcalinidad para mantener el sistema de pH en el rango deseado, la recirculación propuesta en la presente invención regula el pH en la etapa (a) de hidrólisis, evitando de esta forma el consumo de sustancias alcalinas reguladoras del pH.

15 Otra ventaja que proporciona la invención es que se consiguen rendimientos aceptables de producción de hidrógeno y metano con un pequeño consumo energético ya que se realiza en condiciones mesófilas que requieren tan solo temperaturas muy suaves.

20 A su vez el procedimiento de la invención presenta como ventaja la capacidad de digerir residuos con un elevado contenido en material particulado, los cuales no son susceptibles de tratamiento mediante los reactores tanto de lecho fijo como de lecho suspendido mediante el flujo ascendente de la corriente de líquido.

25

### **BREVE DESCRIPCIÓN DE LA FIGURA**

**Fig. 1.** Esquema del procedimiento de la invención

30

## DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCIÓN

En el procedimiento de la invención de producción de hidrógeno y metano según la figura 1, comprende una serie de etapas según se describe a continuación:

En la etapa (a) se produce una hidrólisis mixta y acidificación en un reactor (3) en condiciones mesófilas de una suspensión acuosa de bioresiduos (residuos orgánicos procedentes de residuos sólidos urbanos, lodos de depuradora, residuos de industrias agroalimentarias) triturados, con un tamaño inferior a 25 mm, con porcentaje en peso de sólidos de entre el 2 y el 15% proveniente de la corriente (1), en presencia de microorganismos anaeróbios, facultativos y/o estrictos capaces de producir hidrógeno gaseoso.

Un microorganismo anaerobio es aquel que vive y se reproduce en medio con ausencia completa o casi completa de oxígeno, pudiendo ser dichos microorganismos estrictos o facultativos, donde los anaerobios estrictos poseen sistemas enzimáticos que solamente funcionan en ausencia de  $O_2$ , y donde los anaerobios facultativos son aquellos que pueden desarrollar un metabolismo tanto respiratorio usando el oxígeno como fermentativo en ausencia de oxígeno para formar hidrógeno. Los microorganismos empleados en la presente invención pueden ser obtenidos a partir de sistemas de digestión mesofílicas. Por "condiciones mesófilas" se entiende en la presente invención aquellas condiciones de temperatura de entre 15 y 45°C. Preferiblemente la temperatura del proceso es de entre 30 y 40°C.

El gas de la corriente (2) producido en la etapa (a) es una mezcla de hidrógeno y dióxido de carbono, resultantes de la rotura de las moléculas complejas, el cual es capturado en la etapa (b).

Además, en esta primera etapa a parte de generarse hidrógeno, se generan ácidos orgánicos volátiles (5). Ya que en la etapa de hidrólisis se realiza



básicamente la conversión de los compuestos orgánicos complejos a ácidos de número par de carbonos (C2, C4 y C6).

5 Por tanto, en una realización preferida el efluente no gaseoso (5) obtenido en la etapa (a) comprende al menos un ácido orgánico que se selecciona de entre ácido acético, ácido butírico, ácido caprótico o cualquiera de sus combinaciones.

10 El pH en el reactor (3) se puede regular mediante la corriente de recirculación (4), de forma que en una realización preferida la etapa (a) se realiza a un pH entre 4,5 y 6,5.

15 La hidrólisis de la etapa (a) se puede realizar con tiempos de retención hidráulica (TRH) menores a 3 días.

En la etapa (b) se realiza la captura de la corriente gaseosa (2) que comprende H<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> obtenida en la hidrólisis de la etapa (a). La corriente de gas se separa por la parte superior del reactor (3).

20 En la etapa (c) se produce la metanogénesis en otro reactor (7) del efluente no gaseoso de la corriente (5) (o suspensión fermentada obtenida en la etapa (a)), en concreto a partir de los ácidos orgánicos volátiles, en el reactor (7) en condiciones mesófilas como las descritas anteriormente.

25 En el segundo reactor (7), donde se trata de convertir la mayor parte de estos ácidos orgánicos volátiles en compuestos más sencillos, como el metano y el dióxido de carbono, mediante la acción de microorganismos metanogénicos. De esta manera se obtiene en el segundo reactor una corriente gaseosa (6) que comprende CO<sub>2</sub> y CH<sub>4</sub> que son retirados y se extrae una corriente líquida  
30 (8) (o efluente no gaseoso).

Preferiblemente la metanogénesis de la etapa (c) se realiza con tiempos de retención hidráulica mayores a 15 días.

5 En la etapa (d) se realiza la captura de la corriente gaseosa (6) que comprende CH<sub>4</sub> y CO<sub>2</sub> obtenida en la metanogénesis de la etapa (c). La corriente de gas se separa por la parte superior del reactor (7).

En la etapa (e) se produce la separación del efluente no gaseoso (8) procedente de la etapa (c) en un separador (9).

10 En otra realización preferida la separación de la etapa (e) se realiza por un método que se selecciona de entre sedimentación, filtración mediante membranas, división del efluente o cualquiera de sus combinaciones.

15 Mediante la separación de la etapa (e) se obtienen dos corrientes, una fracción del sobrenadante que se recircula por la corriente (4) y el resto es un efluente líquido (10) que se desecha, o bien puede ser aplicado al suelo.

20 Por último, en la etapa (f) se realiza la recirculación (4) del sobrenadante obtenido en la etapa (e) al primer reactor (3) de la etapa (a), que como se describió anteriormente esta incorporación del sobrenadante estabiliza el pH en este primer reactor.

25 La inclusión en el sistema de fermentación oscura de una corriente de recirculación, cuyo objetivo es evitar el consumo de sustancias alcalinas reguladoras del pH, procedente del efluente de digestión anaerobia, no modifica sensiblemente los rendimientos de hidrógeno respecto al sistema sin recirculación. A su vez, no ocasiona la sustitución de la microflora productora de hidrógeno por microorganismos metanogénicos debido al bajo pH del sistema y al TRH empleado en la etapa (a).

30

Por tanto, se puede decir que mediante el procedimiento de la invención se obtienen unos rendimientos aceptables de hidrógeno y metano, obteniéndose

una producción máxima de hidrógeno de 60 l H<sub>2</sub>/kgSV y una producción máxima de metano de CH<sub>4</sub> de 550 l CH<sub>4</sub>/kgSV.

5 El procedimiento de la invención tiene la ventaja de mayor simplicidad, dado que el proceso planteado permite mantener la producción de hidrógeno en condiciones estables sin la necesidad de una etapa de aireación, que representa un mayor consumo energético, además de mantener la ventaja de utilizar sistemas de mezcla completa en substitución de los reactores empaquetados.

10

A lo largo de la descripción y las reivindicaciones la palabra "comprende" y sus variantes no pretenden excluir otras características técnicas, aditivos, componentes o pasos. Para los expertos en la materia, otros objetos, ventajas y características de la invención se desprenderán en parte de la descripción y en parte de la práctica de la invención. Los siguientes ejemplos y el dibujo se proporcionan a modo de ilustración, y no se pretende que sean limitativos de la presente invención.

15

## **EJEMPLOS**

20

A continuación se ilustrará la invención mediante tres ensayos realizados por los inventores, que pone de manifiesto la efectividad del procedimiento de la invención para la producción de hidrógeno y metano a partir de bioresiduos.

25

**Ejemplo 1:** se ha evaluado la fase de fermentación oscura bajo régimen mesofílico con un TRH (Tiempo de Retención Hidráulico) de 3 días. El reactor utilizado fue un reactor con una capacidad de 2 L. La alimentación evaluada fue una mezcla de residuos vegetales adicionando a la misma sobrenadante proveniente de un digestor anaerobio en proporción 50%. El contenido en sólidos totales de la alimentación fue del 3%. El proceso se sometió a dos variaciones de temperatura, desde la temperatura de operación (34°C) hasta la temperatura ambiente (15°C) durante 24 horas en cada caso (día 3 y 6 de

30

operación). Las variaciones fueron aplicadas manteniendo el funcionamiento en condiciones de operación establecidos. Se observó una disminución inicial en la producción de biogás con la recuperación total en el día 25. De este modo, los rendimientos en la producción de hidrógeno se situaron en torno a 25-35 l H<sub>2</sub>/kg SV<sub>ad</sub> una vez recuperado el sistema.

**Ejemplo 2:** el sistema de producción de hidrógeno evaluado utilizó un reactor con una capacidad de 3 litros operando en régimen mesofílico (35°C) y con un TRH de 3 días. Como inóculo se empleó un cultivo activo mixto procedente de un sistema mesofílico de digestión anaerobia. Como sistema de producción de metano se utilizó un reactor con una capacidad de 25 litros operando en régimen mesofílico (35°C) y con un TRH de 25 días. Se utilizó un sedimentador discontinuo para la separación de una fase ligera y otra pesada del efluente obtenido en la fase metanogénica. Una parte de la fase ligera (hasta completar un 50% volumen/volumen de la alimentación del sistema) se recirculó al sistema de producción de hidrógeno, mezclándola con la alimentación del sistema de tal forma que la corriente de entrada al reactor presentó un contenido en sólidos totales del 3% en peso. La alimentación del sistema fue preparada utilizando una mezcla base de residuos para simular la fracción orgánica de residuos sólidos urbanos (FORSU). Dicha mezcla fue diluida con agua, hasta conseguir una alimentación con un contenido en sólidos totales del 6% en peso. Como resultado de la inclusión de la corriente de recirculación se obtuvo una mayor estabilidad en la producción de biogás, frente a fallos en el control de la temperatura, con respecto a un sistema sin recirculación. El rendimiento medio de hidrógeno fue de 25 l H<sub>2</sub>/kg SV<sub>ad</sub>, llegándose a producciones de 40 l H<sub>2</sub>/kg SV<sub>ad</sub>. La producción de metano media fue de 500 l CH<sub>4</sub>/kg SV<sub>ad</sub>.

**Ejemplo 3:** en este caso se utilizó un reactor con una capacidad de 0,250 litros operando en régimen mesofílico (35°C) y con un TRH de 3 días. Como inóculo se empleó un cultivo activo mixto procedente de un sistema mesofílico de digestión anaerobia. La alimentación evaluada fue una mezcla de residuos

vegetales adicionando a la misma sobrenadante proveniente de un digestor anaerobio en proporción 50%. Dicho sobrenadante fue pre-tratado por filtración con membrana. El contenido en sólidos totales de la alimentación fue del 3%. La introducción de la corriente de recirculación redujo los requerimientos de álcali (en un 50%) para el control del pH en la primera etapa de fermentación y no afectó significativamente a la producción de hidrógeno. La producción específica media de hidrógeno de este sistema fue de 33,7 ml/g  $SV_{\text{alim}}$ .

## REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de producción de hidrógeno y metano que comprende:
  - 5 a) hidrólisis en un reactor en condiciones mesófilas de una suspensión acuosa de bioresiduos triturados con porcentaje en peso de sólidos de entre el 2 y el 15%,
  - b) captura de la corriente gaseosa que comprende  $H_2$  y  $CO_2$  obtenida en la hidrólisis de la etapa (a),
  - 10 c) metanogénesis del efluente no gaseoso obtenido en (a) en otro reactor en condiciones mesófilas,
  - d) captura de la corriente gaseosa que comprende  $CH_4$  y  $CO_2$  obtenida en la metanogénesis de la etapa (c),
  - e) separación del efluente no gaseoso procedente de la etapa (c), y
  - 15 f) recirculación del sobrenadante obtenido en la etapa (e) al reactor de la etapa (a).
  
2. Procedimiento según la reivindicación 1, donde la etapa (a) se realiza a un pH entre 4,5 y 6,5.
  
- 20 3. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 ó 2, donde la etapa (a) se realiza con tiempos de retención menores a 3 días.
  
4. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, donde el efluente no gaseoso obtenido en la etapa (a) comprende al menos un ácido orgánico que se selecciona de entre ácido acético, ácido butírico, ácido caprótico o cualquiera de sus combinaciones.
- 25 5. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, donde la metanogénesis de la etapa (c) se realiza con tiempos de retención mayores a 15 días.
- 30

6. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, donde la separación de la etapa (e) se realiza por un método que se selecciona de entre sedimentación, filtración mediante membranas, división del efluente o cualquiera de sus combinaciones.

5

7. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, donde la temperatura de las etapas (a) y (c) es de entre 30 a 40 °C.

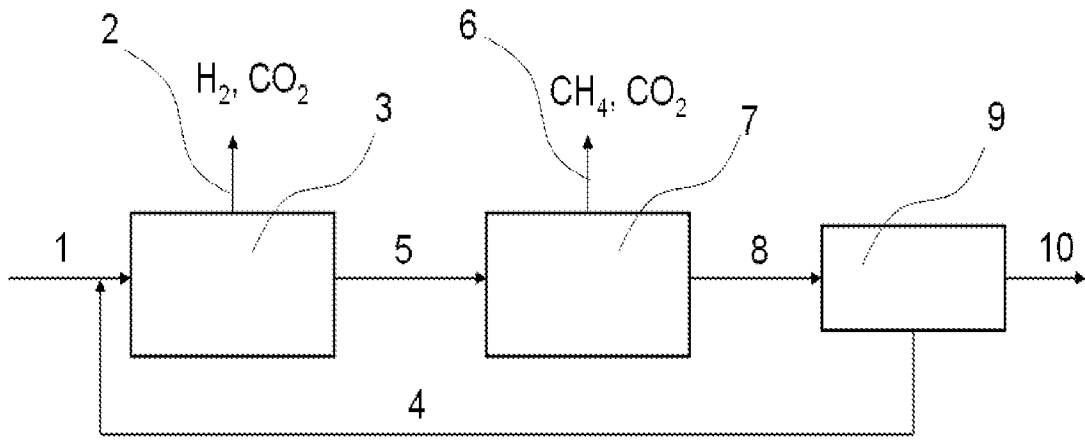


FIG. 1





OFICINA ESPAÑOLA  
DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

②① N.º solicitud: 201031457

②② Fecha de presentación de la solicitud: 30.09.2010

③② Fecha de prioridad:

## INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑤① Int. Cl.: Ver Hoja Adicional

### DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
Y	ES 2292312 A1 (UNIV LEON) 01.03.2008, página 3, líneas 18-36; página 4, líneas 16-20.	1-7
Y	KRAEMER J.T. et al "Continuous Fermentative Hydrogen Production Using a Two-Phase Reactor System with Recycle", Environ. Sci. Technol., 39 (2005), pp 3819-3825, resumen, introducción y discusión.	1-7

#### Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

#### El presente informe ha sido realizado

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe  
24.09.2012

Examinador  
I. González Balseyro

Página  
1/4

## CLASIFICACIÓN OBJETO DE LA SOLICITUD

**C12P3/00** (2006.01)

**C12P5/02** (2006.01)

**C01B3/02** (2006.01)

**C08J11/00** (2006.01)

**B09B3/00** (2006.01)

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

C12P, C01B, C08J, B09B

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC, WPI, TXTUS, TXTEP1, TXTGB1, XPESP

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 24.09.2012

**Declaración**

<b>Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)</b>	Reivindicaciones 1-7	<b>SI</b>
	Reivindicaciones	<b>NO</b>
<b>Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)</b>	Reivindicaciones	<b>SI</b>
	Reivindicaciones 1-7	<b>NO</b>

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de aplicación industrial. Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

**Base de la Opinión.-**

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como se publica.

**1. Documentos considerados.-**

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

Documento	Número Publicación o Identificación	Fecha Publicación
D01	ES 2292312 A1 (UNIV LEON)	01.03.2008
D02	KRAEMER J. T. et al " Continuous Fermentative Hydrogen Production Using a Two-Phase Reactor System with Recycle", Environ. Sci. Technol., 39 (2005), pp 3819-3825, resumen, introducción y discusión.	03.03.2005

**2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de Patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración**

El objeto de la invención es un procedimiento de producción de hidrógeno y metano mediante hidrólisis de bioresiduos, metanogénesis del efluente líquido de dicha etapa y recirculación a la etapa de hidrólisis de parte del efluente líquido de la metanogénesis.

El documento D01 se considera el estado de la técnica más cercano a la invención tal y como se recoge en la reivindicación 1 de la solicitud. Este documento divulga un procedimiento en dos etapas en condiciones mesófilas para la obtención de hidrógeno y metano a partir de bioresiduos. En una primera etapa los bioresiduos se someten a hidrólisis (tiempo de retención menor de 5 días; concentración de sólidos del 5-10% en peso; pH entre 5 y 6) y se genera hidrógeno, dióxido de carbono y ácidos orgánicos volátiles. En una segunda etapa de metanogénesis (tiempo de retención de 8-17 días) se genera metano y dióxido de carbono a partir de los ácidos obtenidos en la etapa de hidrólisis.

La diferencia entre el documento D01 y el objeto técnico de la reivindicación 1 de la solicitud radica en la existencia de una recirculación a la etapa de hidrólisis de parte del efluente líquido de la metanogénesis con objeto de regular el pH.

El problema técnico que subyace por lo tanto de la presente invención se puede considerar como la provisión de un procedimiento mejorado de obtención de hidrógeno y metano con el que se evita el uso de sustancias químicas reguladoras del pH del proceso. La solución consiste en recircular parte del efluente de la etapa de metanogénesis a la etapa de hidrólisis.

Este problema y su correspondiente solución se encuentran ya recogidos en el documento D02 que divulga un proceso de fermentación para la obtención de hidrógeno y metano en dos etapas (hidrólisis y metanogénesis) con un reciclo de un efluente de la metanogénesis con el fin de reducir la cantidad de álcali necesaria para el control del pH en dicha etapa. (Ver resumen, introducción y discusión). Por lo tanto, resulta obvio para un experto en la materia aplicar este reciclo con su correspondiente efecto al proceso divulgado en el documento D01, de forma que se obtenga el proceso de la invención.

En consecuencia, las reivindicaciones 1-7 de la solicitud carecen de actividad inventiva a la vista de lo divulgado en los documentos D01 y D02 (Art. 8.1 LP).