

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 381 730**

51 Int. Cl.:

**F23G 7/10** (2006.01)

**F23G 5/12** (2006.01)

**F23G 5/24** (2006.01)

**F23G 5/46** (2006.01)

**F23J 15/06** (2006.01)

**F23J 7/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **08827068 .1**

96 Fecha de presentación: **15.07.2008**

97 Número de publicación de la solicitud: **2181288**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **05.05.2010**

54 Título: **Procedimiento mejorado para la recuperación eficaz de energía a partir de biomasa**

30 Prioridad:  
**03.08.2007 US 953786 P**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**31.05.2012**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**31.05.2012**

73 Titular/es:  
**European Sugar Holdings s.à.r.l**  
**75 Parc d'Activitiés Capellen**  
**8308 Capellen , LU**

72 Inventor/es:  
**GANGA, Raymond, C.;**  
**IMIG, Greg;**  
**MCBURNEY, Blake;**  
**JANSEN, Robert;**  
**KERR, John y**  
**REUST, Steven, J.**

74 Agente/Representante:  
**BALLESTER CAÑIZARES, ROSALÍA**

ES 2 381 730 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

**ANTECEDENTES DE LA INVENCION**

[0001] La presente invención se refiere en general al sector de la extracción de energía procedente de biomasa. En particular, se refiere a la obtención de energía a través de la biomasa de plantas, tales como la fibra vegetal producida en procesos de molido de grano, caña y remolacha.

[0002] La biomasa desprovista al menos parte de los carbohidratos o aceites, o ambos, es empleada aquí para referirse a cualquier material procedente de una especie del reino vegetal, que ha sido físicamente separado de la planta y del que se ha eliminado al menos parte (a saber, mínimo un 40% aproximadamente de sólidos secos) de carbohidratos (azúcares o almidón) o aceites (tales como tejidos que contienen aceite, por ejemplo el germen). Un ejemplo de este tipo de biomasa desprovista de al menos parte de los carbohidratos o de aceites, o ambos, es la fibra, definida aquí como un material que contiene al menos alrededor del 80 del porcentaje de su de sólidos secos en materiales seleccionados del grupo compuesto por polisacáridos sin almidón, celulosa, hemicelulosas, dextrinas, inulina, lignina, ceras, quitina, pectina, beta-glucanos, oligosacáridos, así como mezclas de éstos. Otra biomasa separada incluye, sin carácter restrictivo, elementos tales como la cáscara, vaina, cáscara de nueces, hojas, tallo, tronco, pedúnculos, ramas, o raíces, entre otros. La biomasa puede ser incinerada para generar energía; dependiendo de la planta de la cual se obtiene, la composición de la biomasa y su contenido en agua, tiene típicamente un Poder Calorífico Superior (PCS) de aproximadamente 16.000.000-23.000.000 J/kg (7000-10.000 BTU/lb) (base seca). Otros materiales de las plantas, tales como el germen del maíz, puede tener un PCS que alcanza valores tan elevados como 35.000.000 J/kg (15.000BTU/lb) (base seca). En consecuencia, teóricamente, la biomasa en la cual se ha eliminado al menos parte de los carbohidratos o aceites, o ambos, podría ser incinerada para total o parcialmente abastecer de energía procesos industriales tales como un proceso de molido, que produce fibra como coproducto.

[0003] Sin embargo, por lo general la biomasa desprovista de al menos parte de los carbohidratos o aceites, o ambos, no ha sido empleada como fuente de energía por distintas razones. En primer lugar, la mayoría de la biomasa desprovista de al menos parte de los carbohidratos o aceites, o ambos, contiene niveles relativamente altos de ceniza (iones inorgánicos), tales como fósforo, calcio, magnesio, sodio y potasio. Por ejemplo, la fibra del grano de maíz común, contiene alrededor del 4% de sólidos secos en ceniza, de la cual el fósforo, ya sea en su forma más elemental o en compuestos, es el elemento más presente (la ceniza total contiene en torno al 40 % del porcentaje de su peso en P205). Generalmente, la ceniza de la fibra tiene un punto de fusión o punto de fundido relativamente bajo, lo cual implica que a temperaturas más elevadas la ceniza se funde y formará escoria sobre superficies refractarias o metálicas del horno, caldera o chimenea de combustión en caso de que la ceniza fundida entre en contacto con estas superficies. A temperaturas inferiores a su punto de fusión, la ceniza se presenta generalmente en forma de pequeñas e irregulares partículas sólidas.

[0004] Otra inquietud que surge con relación a la combustión de biomasa desprovista de al menos parte de los carbohidratos, o aceites, o ambos, es la el nitrógeno ligado al combustible. La biomasa desprovista de al menos parte de los carbohidratos o aceites, o ambos, generalmente contiene algunas proteínas residuales, las cuales contienen nitrógeno. La combustión en aire u otro tipo de atmósfera oxigenada de un combustible que contenga nitrógeno provocaría la formación de óxidos de nitrógeno (NOx). Las emisiones de NOx son por lo general desaconsejadas bajo las regulaciones en materia climática vigentes en los países desarrollados. Las emisiones de NOx pueden ser parcialmente reducidas mediante la aplicación de unas prácticas correctas en la combustión. Una mayor reducción de las emisiones de NOx puede conseguirse mediante la depuración de los gases de combustión a través de diversos medios, pero éstos conllevan costes adicionales en equipamiento, mantenimiento y funcionamiento.

[0005] Las patentes US4616572 y FR2761458 presentan incineradores de biomasa. Por lo tanto, sería deseable disponer de un método para la extracción de energía de biomasa desprovista de al menos parte de los carbohidratos o aceites, o ambos, que minimiza el riesgo de generar escoria y con unas emisiones de NOx relativamente bajas.

**RESUMEN DE LA INVENCION**

[0006] En una realización preferente, la presente invención se refiere a un método para la obtención de energía procedente de biomasa desprovista de al menos parte de los carbohidratos o aceites, o ambos al a) introducir la biomasa en el interior de una cámara de combustión verticalmente alargada que tenga i) al menos un incinerador en suspensión situado en la parte superior de la cámara de combustión y que tenga la capacidad de proyectar una llama hacia la parte inferior del eje de la cámara de combustión, ii) un aparato para la transferencia de calor con una superficie colectora de calor, la cual deberá estar situada radialmente con respecto a la llama y por debajo del incinerador, y iii) una abertura de escape situada por debajo de la llama y por debajo de al menos parte la superficie colectora de calor; b) combustión de la biomasa para producir una mezcla que contiene gas caliente de combustión y ceniza fundida por encima del nivel de la abertura de escape; c) transferencia de calor procedente del gas caliente de combustión a al menos una porción de la superficie colectora de calor de manera sustancial por la radiación previa a cualquier contacto sustancial de la ceniza con una superficie de la cámara de combustión, para producir una mezcla de gas de combustión templado y de ceniza no fundida con un menor contenido de ceniza fundida que la mezcla producida en la fase de la combustión; y d) enfriamiento del gas templado de combustión con gas frío, para producir una mezcla que contiene gas

templado de combustión y ceniza no fundida con un menor contenido de ceniza fundida que la mezcla producida en el paso de transferencia.

[0007] La presente invención proporciona un método para la extracción de energía procedente de biomasa desprovista de al menos parte de los carbohidratos o aceites, o ambos, con un riesgo mínimo de generar escoria con unas emisiones de NOx relativamente bajas.

### **BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS**

[0008] Los siguientes dibujos forman parte de la presente memoria y se incluyen a fin de demostrar con mayor detalle ciertos aspectos de la presente invención. La invención puede comprenderse mejor remitiéndose a uno a más de estos dibujos, en combinación con la descripción detallada de las realizaciones preferentes a continuación indicadas.

[0009] La Figura 1 ilustra un diagrama de flujo del rendimiento del método.

### **DESCRIPCIÓN DE LAS REALIZACIONES PREFERENTES ILUSTRATIVAS**

[0010] En relación a la Figura 1, en una realización, la presente invención se refiere a un método para la extracción de energía a partir de biomasa desprovista de al menos parte de los carbohidratos o aceites, o ambos, que comprende el paso (105) la introducción de la biomasa en el interior de una cámara de combustión verticalmente alargada que tenga i) al menos un incinerador en suspensión situado en la parte superior de la cámara de combustión y que tenga la capacidad de proyectar una llama hacia la parte inferior del eje de la cámara de combustión, ii) un aparato para la transferencia de calor que tenga al menos una superficie colectora de calor, la cual deberá estar situada radialmente con respecto a la llama y por debajo del incinerador, y iii) una abertura de escape situada por debajo de la llama y por debajo de al menos parte la superficie colectora de calor; (110) combustión de la biomasa para producir una mezcla de gas de combustión caliente y de ceniza fundida por encima del nivel de la abertura de escape; (120) transferencia de calor del gas de combustión caliente a al menos una parte de la superficie colectora de calor esencialmente por la radiación previa a cualquier contacto sustancial de la ceniza con una superficie de la cámara de combustión, para producir una mezcla de gas de combustión templado y de ceniza no fundida y que tiene un menor contenido de ceniza fundida que la mezcla producida en el paso de la combustión; y (130) enfriamiento del gas de combustión templado con gas frío, para producir una mezcla que contiene gas del respiradero enfriado y ceniza no fundida y que tiene un menor contenido de ceniza fundida que la mezcla producida en el paso de transferencia.

[0011] Entre las fuentes comunes de biomasa desprovista de al menos parte de los carbohidratos o aceites, o ambos, figuran granos de maíz, trigo, arroz y otros cereales, y tallos, hojas y otros tipos de materia vegetal de la hierba, arbustos y árboles, tales como la caña y la remolacha. En una realización preferente, la biomasa procede de granos de maíz molidos en húmedo, de acuerdo al procedimiento descrito en la solicitud de patente estadounidense pendiente de concesión número 11/185,527, presentada en fecha 20 de julio de 2005. Se conocen otros procedimientos para el molido del grano de maíz u otro tipo de grano. La biomasa puede ser molida para producir partículas de un tamaño relativamente pequeño y de tamaño relativamente uniforme, y ser secada hasta alcanzar un nivel relativamente bajo de humedad, antes de poner en práctica el método mediante técnicas conocidas en el estado de la técnica.

[0012] La cámara de combustión (105) (la cual puede ser también denominada horno) en la que se introduce la biomasa, puede ser igual a la descrita en la solicitud de patente provisional de McBurney, presentada en esta misma fecha, la cual es incorporada aquí por remisión. En una realización, la cámara de combustión será modular, a saber, montada afuera y enviada al lugar en el que se pretende utilizar. En otra realización, la cámara de combustión se montará en el mismo lugar en el cual se efectuará su uso.

[0013] En la presente invención, la biomasa es el combustible quemado en la cámara de combustión y el oxidante puede ser oxígeno, por lo general en forma de aire, una mezcla de oxígeno y nitrógeno u oxígeno purificado. No es necesario que el oxidante se oxígeno. El coste del aire es bajo y su manejo no precisa de precauciones especiales.

[0014] Típicamente, la biomasa desprovista de al menos parte de los carbohidratos o aceites, o ambos, contiene algo de nitrógeno, fundamentalmente aquel presente en cualquier proteína no extraída de la biomasa entre la recolecta de la planta y la combustión de la biomasa. La combustión de materiales que contienen nitrógeno, empleando como oxidante aire u oxígeno, generará óxidos de nitrógeno (NOx), tales como óxido nítrico y óxido nitroso, al reaccionar el nitrógeno liberado del material con el oxígeno. Esto además de la generación de NOx por la reacción que se produce a temperaturas elevadas entre el nitrógeno y el oxígeno, ambos presentes en el aire de la combustión, en caso de emplear aire como oxidante. Las emisiones de NOx son desaconsejadas tanto por la normativa como por la práctica en los países desarrollados.

[0015] Para obtener una producción de NOx relativamente baja en la combustión (110), en una realización, la temperatura de combustión puede oscilar entre los 1500°C y los 1800°C. A pesar de que se prevé la formación de algo de NOx a estas temperaturas, la cantidad es por lo general inferior a la cantidad que se formaría tanto a temperaturas superiores como inferiores. Sin embargo, este rango de temperaturas presupone el uso de fibra procedente del grano de cereales relativamente estándares, con un contenido en proteína de entre el 11% de sólidos secos aproximadamente

(fibra de maíz) al 18% de sólidos secos, aproximadamente, (fibra de trigo) y un contenido en agua inferior al 15% en peso aproximadamente.

**[0016]** En otra realización, la combustión es llevada a cabo con niveles subestequiométricos del oxidante (relativos al combustible) alimentado en la cámara de combustión, lo que conlleva una formación reducida de NOx e incrementando la formación de N<sub>2</sub>.

**[0017]** Además de la biomasa desprovista de al menos parte de los carbohidratos o aceites, o ambos, y el oxidante, otros materiales pueden ser introducidos en el incinerador o en el horno durante la combustión. En una realización preferente, el método comprende además la agregación de un aditivo para la combustión en la llama o el horno durante la combustión. El aditivo de la combustión puede agregarse en la punta de la llama de modo que es inmediatamente ionizado. El aditivo de la combustión es cualquier material que potencie una o más de las propiedades de uno o más de los productos de la combustión.

**[0018]** En otra realización, el aditivo de la combustión será un material que modifique una o más de las propiedades de la ceniza, como su punto de fusión, lo cual puede minimizar la generación de escoria. Existen numerosos ejemplos de este tipo de materiales comercializados bajo diferentes marcas; un ejemplo de tales materiales es Co-Mate® (Atlantic Combustion Technologies Inc., Amherst, NS).

**[0019]** En otra realización, el método además comprende la agregación de un agente reductor de NOx en la llama durante la combustión. El agente reductor de NOx puede ser cualquier compuesto simple de nitrógeno, y en una realización el agente reductor es seleccionado de entre los englobados en el grupo de los que consisten en urea y amoniaco. En una realización, el agente reductor de NOx es introducido cuando el horno se encuentra a temperaturas de entre 925°C a 980°C aproximadamente, como 955°C aproximadamente. De este modo, las cantidades de NOx presentes en el gas de combustión templado pueden ser rebajadas y las emisiones de NOx reducidas. El empleo de un agente reductor de NOx puede denominarse reducción no catalítica selectiva (RNCS).

**[0020]** Aunque las emisiones de NOx pueden ser reducidas mediante una o más de las técnicas anteriormente descritas, parte del NOx podría estar presente en el gas del respiradero. Esta parte de NOx puede ser tratada con un sistema de reducción de NOx (como por ejemplo RNCS o RCS).

**[0021]** El paso de la combustión (110) genera un gas de combustión caliente, ceniza fundida, y posiblemente ceniza residual. (También podremos referirnos a la ceniza fundida con el término de *ceniza pegajosa*. La ceniza residual podrá también ser denominada *ceniza no-fundida* o *ceniza no-pegajosa*). La ceniza residual puede ser recuperada para su posterior eliminación o reutilización como se indica con mayor detalle más adelante. El gas caliente de combustión contiene energía, la cual en caso de ser capturada, puede ser empleada para abastecer de energía total o parcialmente varios procesos, tales como el proceso de molido del grano que produce fibra como subproducto. Este es el caso, por ejemplo, del proceso de molido de grano descrito en la solicitud de patente estadounidense nº 11/185,527, anteriormente citada. En una realización, por "caliente" se entiende una temperatura situada en un rango que oscila entre aproximadamente 300°C por encima de la temperatura del punto de fusión de la ceniza a la temperatura aproximada de la llama. Sin embargo, la ceniza fundida, en caso de entrar en contacto con una superficie metálica dentro de la cámara de combustión, caldera u otras estructuras, formaría con el trascurso del tiempo una escoria sobre dicha superficie de metal, provocando una eventual corrosión (y consecuentemente, periodos de inactividad y costes derivados de la reparación o sustitución de los materiales corroídos), y en caso de que la transferencia de calor tuviese que realizarse a través de esa superficie de metal, se reduciría la eficiencia de la transferencia de calor.

**[0022]** En el paso de transferencia (120), el calor procedente del gas caliente de combustión es transferido a al menos una parte del dispositivo de transferencia de calor, tal como un muro formado por agua (un área formada por conductos que contienen en su interior un medio transmisor de calor, tal como el agua), principalmente por la radiación previa a cualquier contacto entre la ceniza fundida y la superficie de la cámara de combustión, produciendo un gas de combustión templado y ceniza no fundida. El término "templado" en este contexto hace referencia a una temperatura inferior a aquella del gas de combustión caliente generado por combustión. En una realización, el gas templado de combustión se encuentra a una temperatura comprendida entre el punto de fusión de la ceniza y el punto de fundido de la ceniza y por debajo de la temperatura de combustión. En una realización, el gas templado de combustión se encuentra a una temperatura comprendida entre aproximadamente el punto de fusión de la ceniza y aproximadamente 300°C por encima del punto de fusión de la ceniza. En una realización, el gas de combustión templado se encuentra en un rango de temperatura que va desde los 1200°C hasta los 760°C. Como es sabido, la radiación implica emisiones infrarrojas procedentes de moléculas de un material a mayor temperatura (en este caso, el gas caliente de combustión) y absorción infrarroja procedente de moléculas de un material a menor temperatura (en este caso, la/s pared/es más externa(s) del dispositivo de transferencia de calor que conduce/n el calor al medio transportador de calor). Una pequeña parte de calor (por lo general, cantidades inferiores al 5% del calor generado en el paso de combustión (110)) puede ser transferida por conducción o convección. El medio transmisor de calor puede ser empleado para transferir calor a otros dispositivos (tales como un calentador de vapor o una turbina – entre otros-), los cuales pueden transformar el calor en trabajo útil. El contacto de la ceniza fundida con la superficie de la cámara de combustión, en especial si dicha superficie está realizada en metal, previo a la transferencia radiactiva de calor, resultaría en la formación de escoria y provocaría los efectos indeseados anteriormente descritos. Otra de las ventajas de la

transferencia de calor mediante radiación es que el gas caliente de combustión se enfría (por lo general hasta temperaturas comprendidas entre 1500°C y 1800°C aproximadamente) hasta pasar a ser un gas templado (por lo general a temperaturas de entre 760°C y 1200°C aproximadamente), a cuya temperatura una mayor proporción de la ceniza permanece sin fundirse. La ceniza no fundida es sustancialmente inerte con respecto al metal y no forma escoria en las superficies internas de la cámara de combustión u otro equipamiento. Sin embargo, una parte de la ceniza fundida podría permanecer atrapada en el gas templado de combustión después del paso de transferencia (120). Dicho lo cual, la cantidad de ceniza fundida que permanece en el gas templado de combustión tras el paso de transferencia (120) será inferior a la presente en el gas caliente de combustión generado mediante el paso de combustión (110).

**[0023]** Tras la transferencia de calor, el gas templado de combustión es enfriado (130) con gas frío, produciendo una mezcla que contiene gas enfriado de combustión y cenizas no fundidas, además de tener un menor contenido de ceniza fundida que la mezcla obtenida en el paso de transferencia. "Frío" en este contexto se refiere a una temperatura inferior a la del gas templado de combustión pero superior a aquella del gas frío, como podría ser el caso de temperaturas comprendidas entre el punto de fusión de la ceniza hasta aproximadamente la temperatura ambiental, por lo general entre el punto de fusión de la ceniza hasta 650°C aproximadamente. El gas frío de combustión puede ser suministrado mediante gas de combustión procedente de procesos posteriores de combustión. Pueden emplearse otros gases fríos, tales como el aire a temperatura ambiente, pueden ser empleados. El proceso de enfriado (130) reduce aún más la temperatura del gas templado de combustión y aumenta el nivel de ceniza no fundida con respecto a aquel producido en el paso de transferencia (120). En otras palabras, la cantidad de ceniza fundida que permanece en el gas templado de combustión después del paso de enfriamiento (130) será inferior a la cantidad de ceniza fundida presente en el gas templado de combustión generado mediante el paso de transferencia (120). En una realización, el enfriado (130) básicamente no produce ceniza fundida, a saber, básicamente toda la ceniza es ceniza no fundida.

**[0024]** Después del enfriamiento (130), y en caso de que así se desee, pueden realizarse otros pasos. La recuperación de la ceniza puede realizarse empleando un colector de polvo, mediante precipitación electrostática o con un depurador de gases húmedo, entre otras técnicas y dispositivos. Generalmente, la ceniza no fundida contiene fósforo y puede contener calcio, magnesio, sodio o potasio. La ceniza no fundida puede ser desechada. Para minimizar los costes y optimizar su valor, esta ceniza no fundida podrá ser reutilizada como fertilizante, material de relleno o como componente de un cemento fosfático u otro producto de valor, entre otros usos.

**[0025]** La temperatura de salida del gas enfriado de combustión tras la recuperación principal de calor es por lo general de alrededor de 650°C (aproximadamente 1200°F). El gas enfriado de combustión puede contener cloruros volátiles y SOx. El gas enfriado del respiradero puede ser conducido hasta el cañón de combustión o, contrariamente, puede ser procesado, mediante por ejemplo una segunda fase de transferencia de calor. En una realización, el gas enfriado de combustión es sometido a una segunda fase de enfriamiento a fin de producir gas frío de combustión que puede ser reutilizado (en otras palabras, un gas de combustión reciclado) para ser empleado como gas frío en la fase (130). En una realización, el gas frío de combustión puede ser utilizado para el secado de productos empleados en el tratamiento de cereal no seco (como por ejemplo la fibra o el gluten de maíz), si la temperatura del gas enfriado de combustión se encuentra dentro del rango requerido para el secado de este tipo de productos, generalmente entre 150°C y 400°C. Tras el secado, el gas de salida puede ser "depurado en húmedo" para eliminar gases volátiles residuales y ceniza volante, erradicando de este modo los cloruros volátiles y SOx, en caso de que los haya en el gas con un nivel disminuido de NOx, empleando el mismo equipamiento estándar para ofrecer una manera rentable de lograr niveles bajos de emisión de estas sustancias volátiles. El gas de salida, tras su secado y depuración en húmedo, podría ser denominado "gas frío de combustión".

**[0026]** En una realización, el gas templado de combustión se encuentra a una temperatura de entre alrededor de 760°C hasta 1200°C aproximadamente, el gas enfriado de combustión tiene una temperatura comprendida entre 200°C y 650°C aproximadamente, y el gas frío tiene una temperatura que oscila entre la temperatura ambiental hasta aproximadamente 600°C.

**[0027]** En una realización preferente, puede utilizarse una corriente de gas fresco del respiradero a unos 340°C para precalentar el aire que entra a la cámara de combustión. En otra realización preferente, el aire de la cámara de combustión puede ser precalentado empleando otras corrientes de gases desechados a temperaturas bajas (por ejemplo 200°C), los cuales pueden ser obtenidos de una refinería de tratamiento de cereales. En una realización, la corriente de gas desechado es un gas frío de combustión obtenido al secar y depurar en húmedo el gas endriado del respiradero.

**[0028]** Este uso del gas fresco de combustión con nivel disminuido de NOx procedente de la cámara de combustión evita la necesidad de secar los productos del tratamiento de cereales usando una corriente de gas que ha sido precalentada empleando una fuente de energía específica, tal como gas natural u otro tipo de combustibles fósiles. Los valores medios de ahorro energético obtenidos al emplear el método presentado supondrían reducciones en la energía necesaria para el secado del producto del tratamiento del cereal de alrededor del 50%, y supondría una mayor reducción de los restos de carbono de una planta de tratamiento de cereal.

**[0029]** Volviendo a la disminución del NOx, en una realización, el nivel de NOx presente en el gas de combustión puede ser cuantificado mediante técnicas conocidas en el estado de la técnica. Esto puede resultar útil para cumplir con la

normativa en vigor en varias jurisdicciones. Además, la cuantificación del nivel de NOx presente en el gas de combustión puede facilitar información tanto al operario como al dispositivo de control, para permitir el ajuste de la temperatura de combustión a fin de reducir la cantidad de NOx producido, y de ahí desviar niveles posteriores de NOx en el gas de combustión tras la transferencia de calor y el enfriamiento del cañón de combustión u otros procesos adicionales.

**[0030]** En una realización, el método incluye además la depuración de NOx del gas de combustión. Esta depuración puede llevarse a cabo empleando técnicas y dispositivos conocidos en el estado de la técnica para la eliminación de NOx en corrientes de gas, tales como la reducción catalítica selectiva (RCS).

**[0031]** Los siguientes ejemplos, son incluidos a fin de ilustrar realizaciones preferentes de la invención. Los expertos en la materia apreciarán las técnicas presentas en los ejemplos ofrecidos a continuación representan técnicas descubiertas por el inventor para el correcto funcionamiento en la práctica de la invención, y de este modo, pueden ser considerados como modelos preferentes para práctica. Sin embargo, los entendidos en la materia deberán a la luz de la presente divulgación, apreciar se pueden introducir numerosos cambios en las realizaciones preferentes presentadas, obteniendo iguales o similares resultados sin alejarnos de la esencia y ámbito de protección de la invención.

**[0032]** Tal y como conocen los expertos en la materia, los análisis incluidos en los ejemplos siguientes pueden variar dependiendo de las condiciones del suelo, aire y agua en el momento en que la vegetación creció, así como del nivel de humedad del combustible biomasa en el momento en que el combustible biomasa es usado como fuente de energía.

**Ejemplos**

**Ejemplo 1**

**[0033]** El grano entero de trigo fue molido en seco y tamizado para generar dos tipos de producto: harina y fibra de trigo. Las propiedades típicas de la fibra de trigo se resumen en la Tabla 1. La fibra del trigo fue quemada en un incinerador en suspensión y el calor producido fue recuperado. Los gases de escape fueron analizados y las condiciones de quemado eran factibles, lo cual permitía que las metodologías reductoras de MTCD (Mejores Técnicas de Control Disponibles) fueran empleadas satisfactoriamente en este tipo de material.

Tabla 1

Resultados			
Base >	Valor registrado	Seco	Secado al aire
Valores próximos (%)			
Humedad	11,70	0,00	11,70
Ceniza	3,59	4,07	3,59
Volátiles	68,24	77,28	68,24
C Fijos	<u>16,47</u>	<u>18,65</u>	<u>16,47</u>
Total	100,00	100,00	100,00
Azufre	0,18	0,20	0,18
Btu/lb(PCS)	7401	8381	7401.
MMF J/kg (Btu/lb)	17.910.000 (7698)	20.390.000	(8766)

ES 2 381 730 T3

Resultados				
MAP J/kg (Btu/lb)			20.320.000	(8737)
Final (%)				
	Humedad	11,70	0,00	11,70
	Carbono	42,28	47,88	42,28
	Hidrógeno	5,46	6.1,8	5,46
	Nitrógeno	2,56	2,90	2,56
	Azucar	0,18	0,20	0,18
	Ceniza	3,59	4,07	3,59
	Oxígeno*	<u>34,23</u>	<u>38,77</u>	<u>34,23</u>
	Total	100,00	100,00	100,00
	Cloro	0,052	0,059	0,052
		kg Álcali/J = $6,53 \times 10^{-10}$ (Lb. Álcali /MM Btu= 1,52)		
		kg Ceniza/J = $2,09 \times 10^{-9}$ (Lb. Ceniza/MM Btu= 4,85)		
		kg SO <sub>2</sub> /J = $2,1 \times 10^{-10}$ (Lb. SO <sub>2</sub> /MM Btu= 0,49)		
Análisis elemental de la Ceniza (%)			Temperaturas de Fusión de la Ceniza (°C) ((Grados F))	
SiO <sub>2</sub>	4,00		Atmósfera	Atmósfera
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,08		Oxidante	Reductora
TiO <sub>2</sub>	0,02			
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,39	Inicial	815,6 (1500)	869,4 (1597)
CaO	3,09	Debilitante	868,9 (1596)	900,0 (1652)
MgO	10,70	Hemisférico	885,6 (1626)	926,7 (1700)

ES 2 381 730 T3

Resultados				
Na <sub>2</sub> O	0,25	Fluido	904,4 (1660)	946,1 (1735)
K <sub>2</sub> O	31,10			
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	45,54			
SO <sub>3</sub>	0,91			
Cl	0,04			
CO <sub>2</sub>	<u>0,43</u>			
Total	96,55			

\*Diferencia de oxígeno.

Nota: La ceniza fue calcinada antes del análisis a 1110°F (600°C).

**Ejemplo 2**

5 **[0034]** La fibra de maíz con alto nivel de carbohidratos derivados de procesos de molido húmedo de maíz común se quema en un incinerador en suspensión. Las propiedades del suministro de la caldera de biomasa y la ceniza resultante son resumidas en la Tabla 2.

Tabla 2

Resultados	Valor Registrado		Seco	Secado al Aire
Valores próximos (%)				
	Humedad	12,31	0,00	12,31
	Ceniza	1,34	1,53	1,34
	Volátiles	69,79	79,59	69,79
	C Fijos	<u>16,56</u>	<u>18,88</u>	<u>16,56</u>
	Total	100,00	100,00	100,00
Azufre		0,25	0,29	0,25
Btu/lb (PCS)		7389	8426	7389

ES 2 381 730 T3

Resultados		Valor Registrado		Seco	Secado al Aire
MMF J/kg (Btu/lb)		17.430.000 (7495)		19.920.000	(8567)
MAF J/kg (Btu/lb)				19.900.000	(8557)
Final (%)					
	Humedad	12,31	0,00	12,31	
	Carbono	43,39	49,48	43,39	
	Hidrógeno	5,35	6,10	5,35	
	Nitrógeno	1,93	2,20	1,93	
	Azufre	0,25	0,29	0,25	
	Ceniza	1,34	1,53	1,34	
	Oxígeno*	<u>35,43</u>	<u>40,40</u>	<u>35,43</u>	
	Total	100,00	100,00	100,00	
Cloro		0,039	0,044	0,039	
		kg Alcali/J = $2,36 \times 10^{-10}$ (Lb. Álkali/MM Btu= 0,55)			
		kg Ceniza/J $7,78 \times 10^{-10}$ (Lb. Ceniza/MM Btu= 1,81)			
		kg SO <sub>2</sub> /J = $2,92 \times 10^{-10}$ (Lb. SO <sub>2</sub> /MM Btu= 0,68)			
Análisis Elemental de la Ceniza (%)		Temperaturas de Fusión de la Ceniza (°C) ((Grados F))			
SiO <sub>2</sub>	12,56		Atmósfera	Atmósfera	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3 22		Oxidante	Reductora	
TiO <sub>2</sub>	0,13				
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,44	Inicial	1327(2420)	1237 (2258)	
CaO	1,94	Debilitante	1341(2446)	1256 (292)	

ES 2 381 730 T3

Resultados			Valor Registrado	Seco	Secado al Aire
MgO	12,50	Hemisférico	1353 (2469)	1300(2372)	
Na <sub>2</sub> O	1,65	Fluido	1381 (2517)	1347 (2456)	
K <sub>2</sub> O	28,50				
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	31,64				
SO <sub>3</sub>	5,37				
Cl	0,21				
CO <sub>2</sub>	<u>0,54</u>				
Total	99,70				

\*Diferencia de oxígeno.

Nota: La ceniza fue calcinada antes del análisis a 1110°F (600°C).

**Ejemplo 3**

- 5 **[0035]** Una fibra de maíz con un bajo nivel de carbohidratos tal y como es descrita en la solicitud de patente estadounidense pendiente de concesión número 11/185,527 fue quemada en un incinerador en suspensión. Las propiedades del suministro de la caldera de biomasa y la ceniza resultante se resumen en la Tabla 3.

Tabla 3

Resultados		Valor Registrado	Seco	Secado al Aire
Valores próximos (%)				
	Humedad	4,50	0,00	4,50
	Ceniza	1,22	1,17	1,12
	Volátiles	75,82	79,39	75,82
	C Fijo	<u>18,56</u>	<u>19,44</u>	<u>18-56</u>
	Total	100,00	100,00	100,00

ES 2 381 730 T3

Resultados				
		Valor Registrado		Seco
Azufre		0,25	0,26	0,25
Btu/lb (PCS)		8332	8725	8332
MMF J/kg (Btu/lb)		19.620.000 (8433)	20.560.000	(8836)
MAF J/kg (Btu/lb)			20.530.000	(8828)
Final (%)				
	Humedad	4,50	0,00	4,50
	Carbono	48,29	50,57	48,29
	Hidrógeno	6,42	6,72	6,42
	Nitrógeno	1,70	1,78	1,70
	Azufre	0,25	0,26	0,25
	Ceniza	1,12	1,17	1,12
	Oxígeno*	<u>37,72</u>	<u>39,50</u>	<u>37,72 37,72</u>
	Total	100.00	100.00	100.00
Cloro		0,067	0,070	0,067
		kg Alcali/J = $2.19 \times 10^{-10}$ (Lb. Alcali/MM Btu= 0.51)		
		kg Ceniza/J = $5.76 \times 10^{-10}$ (Lb. Ceniza/MM Btu= 1.34)		
		kg SO2/J = $2.58 \times 10^{-10}$ (Lb. SO2/MM Btu= 0.60)		
Análisis Elemental de la Ceniza (%)		Temperaturas de Fusión de la Ceniza (°C) ((Grados F))		

ES 2 381 730 T3

Resultados			
		Valor Registrado	Seco      Secado al Aire
SiO <sub>2</sub>	7.28		Atmósfera      Atmósfera
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,65		Oxidante      Reductora
TiO <sub>2</sub>	0,10		
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,40	Inicial	1045(1913)      1437(2618)
CaO	3,69	Debilitante	105 (1930)      1448 (2638)
MgO	9,05	Hemisférico	1063 (1946)      1449(2640)
Na <sub>2</sub> O	26,10	Fluído	1069 (1957)      1452 (2645)
K <sub>2</sub> O	11,60		
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	28.33		
SO <sub>3</sub>	11,00		
Cl	2,39		
CO <sub>2</sub>	<u>0,22</u>		
Total	101,81		

\*Diferencia de oxígeno.

Nota: La ceniza fue calcinada antes del análisis a 1110°F (600°C).

**Ejemplo 4**

- 5 **[0036]** Granos enteros de maíz fueron molidos con martillo para obtener un producto finamente molido. Este producto resultante fue quemado en un incinerador en suspensión. Las propiedades del suministro de la caldera de biomasa y la ceniza resultante se resumen en la Tabla 4.

Tabla 4

Resultados			
		Valor Registrado	Seco      Secado al Aire
Base			
Valores próximos (%)			

ES 2 381 730 T3

Resultados				
Base		Valor Registrado		Seco
				Secado al Aire
	Humedad	12,67	0,00	12,67
	Ceniza	1,78	2,04	1,78
	Volátiles	70,55	80,79	70,5
	C Fijos	<u>15,00</u>	<u>17,17</u>	<u>15,00</u>
	Total	100,00	100,00	100,00
Azufre		0,10	0,11	0,10
Btu/lb (PCS)		7105	8135	7105
MMF J/kg (Btu/lb)		16.850.000 (7243)	19.350.000	(8318)
MAF J/kg (Btu/lb)			19.320.000	(8305)
Final (%)				
	Humedad	12,67	0,00	12,67
	Carbono	41,19	47,17	41,19
	Hidrógeno	5,45	6,24	5,45
	Nitrógeno	1,24	1,42	1,24
	Azufre	0,10	0,11	0,10
	Ceniza	1,78	2,04	1,78
	Oxígeno*	<u>37,57</u>	<u>43,02</u>	<u>37,57</u>
	Total	100,00	100,00	100,00
Cloro		0,036	0,041	0,036

ES 2 381 730 T3

Resultados				
Base	Valor Registrado		Seco	Secado al Aire
	kg Álcali/J = $2.67 \times 10^{-10}$ (Lb. Álcali/MM Btu= 0.62)			
	kg Ceniza/J = $1.08 \times 10^{-9}$ (Lb. Ceniza/MM Btu= 2.51)			
	kg SO <sub>2</sub> /J = $1.20 \times 10^{-10}$ (Lb. SO <sub>2</sub> /MM Btu= 0.28)			
Análisis Elemental de la Ceniza (%)			Temperaturas de Fusión de la Ceniza (°C) ((Grados F))	
SiO <sub>2</sub>	3,67		Atmósfera	Atmósfera
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,22		Oxidante	Reductora
TiO <sub>2</sub>	0,04			
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,33	Inicial	1073 (1963)	1099 (2010)
CaO	15,20	Debilitante	1082(1979)	111 (2043)
MgO	9,88	Hemisfércio	1090 (1994)	1141 (2085)
Na <sub>2</sub> O	0,19	Fluído	1103 (2017)	1179 (2100)
K <sub>2</sub> O	24,50			
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	41,53			
SO <sub>3</sub>	1,89			
Cl	0,05			
CO <sub>2</sub>	<u>3,10</u>			
Total	100,60			

\*Diferencia de oxígeno.

Nota: La ceniza fue calcinada antes del análisis a 1110°F (600°C).

5 **[0037]** Todos los métodos revelados y reivindicados en la presente pueden ser realizados y ejecutados sin excesiva experimentación a la luz de la presente revelación. Mientras que otros métodos de esta invención han sido descritos en términos de realizaciones preferentes, es obvio para los expertos en la materia que podrán introducir variaciones a los métodos y pasos o en la secuencia de pasos descritos sin que ello conlleve un alejamiento del ámbito de protección de la invención, en los términos definidos en las reivindicaciones anexas.

**REIVINDICACIONES**

1. Un método para la obtención de energía de biomasa en la cual se ha eliminado al menos parte de los carbohidratos o de aceite, o ambos, que comprende:
- a) la introducción de biomasa en el interior de una cámara de combustión verticalmente alargada que consta de:
- 5 i) al menos un incinerador en suspensión situado en la parte superior de la cámara de combustión y que tenga la capacidad de proyectar una llama hacia la parte inferior del eje de la cámara de combustión,
- ii) un aparato para la transferencia de calor en el cual parte de su superficie sea colectora de calor, la cual deberá estar situada radialmente con respecto a la llama y por debajo del incinerador, y
- 10 (iii) una abertura de escape situada por debajo de la llama y por debajo de al menos parte la superficie colectora de calor;
- b) combustión de la biomasa para producir una mezcla que contiene gas caliente de combustión y ceniza fundida por encima del nivel de la abertura de escape;
- c) la transferencia de calor procedente del gas caliente de combustión a al menos una porción de la superficie colectora de calor de manera sustancial por la radiación previa a cualquier contacto sustancial de la ceniza con una superficie de la cámara de combustión, para producir una mezcla de gas de combustión templado y de ceniza no fundida y que tiene un menor contenido de ceniza fundida que la mezcla producida en la fase de la combustión; y
- 15 d) enfriamiento del gas templado de combustión con gas frío, para producir una mezcla que contiene gas enfriado de combustión y ceniza no fundida y que tiene un menor contenido de ceniza fundida que la mezcla producida en el paso de transferencia.
- 20 2. El método presentado en la reivindicación 1, donde la cámara de combustión es modular.
3. El método presentado en la reivindicación 1, donde el gas enfriado es convertido en gas de combustión.
4. El método presentado en la reivindicación 1, donde la temperatura de combustión es de entre aproximadamente 1500°C a aproximadamente 1800°C.
- 25 5. El método presentado en la reivindicación 1, donde el gas templado de combustión se encuentra a temperaturas comprendidas entre los 760°C y 1200°C aproximadamente.
6. El método presentado en la reivindicación 1, donde el gas enfriado tiene una temperatura inferior a los 650 °C aproximadamente.
7. El método presentado en la reivindicación 1, donde el gas frío se encuentra a una temperatura inferior a los 600 °C.
- 30 8. El método presentado en la reivindicación 1, que además comprende la cuantificación del nivel de NOx presente en el gas de combustión.
9. El método presentado en la reivindicación 8, donde la temperatura de combustión es ajustada a fin de reducir la cantidad de NOx presente en el gas de combustión.
10. El método presentado en la reivindicación 1, que además comprende el empleo de un aditivo para la combustión en la llama durante la combustión.
- 35 11. El método presentado en la reivindicación 10, donde el aditivo para la combustión modifica al menos una de las propiedades de la ceniza.
12. El método presentado en la reivindicación 1, que además comprende el empleo de un agente reductor de NOx, seleccionado de entre los englobados en el grupo de los que consisten de compuestos nitrogenados simples.
- 40 13. El método presentado en la reivindicación 12, que además comprende el empleo de un agente reductor de NOx, seleccionado de entre los englobados en el grupo de los que consisten de urea y amoniaco.
14. El método presentado en la reivindicación 1, que además comprende una depuración del NOx presente en el gas de combustión.
15. El método presentado en la reivindicación 1, que además reutiliza la ceniza no fundida a modo de fertilizador, material de relleno o como componente de un cemento fosfático.
- 45 16. El método presentado en la reivindicación 1, que además comprende un contacto del gas enfriado de combustión con productos derivados de la transformación no seca de cereales.

17. El método de la reivindicación 16, donde el productos de transformación del cereal no seco es fibra.



REFERENCIAS CITADAS EN LA DESCRIPCIÓN

5 *Esta lista de referencias citada por el solicitante sólo se incluye para comodidad del lector. No forma parte del documento de Patente Europea. Aunque la recopilación se ha realizado con sumo cuidado, no se puede asegurar que no existan errores u omisiones y la OEP rechaza cualquier responsabilidad al respecto.*

Los documentos de patente citados en la descripción

- US 4616572 A [0005]
- US 18552705 A [0011]
- FR 27611458 [0005]
- US 185527 A [0021] [0035]

10

---

CERTIFICACIÓN

15 *Dña. LORENA MARTÍNEZ CARRIÓN, Traductora- Intérprete Jurado de Inglés certifica que la que antecede es, a mi leal saber y entender, traducción fiel y completa al español del documento original redactado en inglés.*

*En Elche, a 2 de febrero de 2012*