

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 755 504**

51 Int. Cl.:

B09B 3/00	(2006.01)	A23K 10/32	(2006.01)
B09B 5/00	(2006.01)		
C08B 1/00	(2006.01)		
C12P 1/00	(2006.01)		
C08B 37/00	(2006.01)		
C08H 8/00	(2010.01)		
C12P 7/00	(2006.01)		
C12P 7/08	(2006.01)		
C12P 7/10	(2006.01)		
A23K 10/12	(2006.01)		

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **16.12.2015 PCT/EP2015/079986**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **21.07.2016 WO16113063**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.12.2015 E 15813805 (7)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.08.2019 EP 3245014**

54 Título: **Proceso para la descomposición de material de biomasa que contiene lignocelulosa**

30 Prioridad:

16.01.2015 EP 15000112

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

22.04.2020

73 Titular/es:

**CLARIANT INTERNATIONAL LTD (100.0%)
Rothausstrasse 61
4132 Muttenz, CH**

72 Inventor/es:

**HORTSCH, RALF;
HOPPE, THOMAS y
HUEHNLEIN, BJOERN**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 755 504 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

Proceso para la descomposición de material de biomasa que contiene lignocelulosa

La presente solicitud se refiere a un proceso para la descomposición de material de biomasa que contiene lignocelulosa.

5 Debido a los recursos limitados de aceite mineral y las demandas para reducir las emisiones de CO₂, la industria química busca rutas de producción más sostenibles para la fabricación de productos químicos como combustibles líquidos y productos químicos básicos. Parte de esa estrategia se centra en la conversión de biomasa lignocelulósica en productos químicos o combustibles versátiles tal como el etanol. La biomasa lignocelulósica contiene celulosa (~25-40% p/p m.s.), hemicelulosa (~5-25% p/p m.s.) y lignina (~15-30% p/p m.s.) como componentes principales y cantidades menores de otros hidratos de carbono, ceras, proteínas y compuestos inorgánicos. Entre las formas de biomasa vegetal, la biomasa lignocelulósica derivada de cualquier flujo de residuos forestales y agrícolas, como los residuos de madera y la paja de cereales son particularmente muy adecuados para la conversión a productos químicos y combustibles debido a su disponibilidad, bajo costo y producción ambientalmente racional. Además, los análisis del ciclo de vida de los procesos de producción que utilizan materias primas lignocelulósicas indican una reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero en comparación con los procesos basados en otras materias primas.

10 Se han descrito varias opciones de proceso que describen la conversión de biomasa lignocelulósica en etanol y otros productos químicos básicos (Pejo et al., 2008). Para realizar estos procesos a escala industrial, es particularmente deseable transferir la cantidad máxima de energía, carbono y contenido en masa contenido en la materia prima renovable para los productos finales. En la actualidad, ninguno de los procesos de conversión descritos se han dado cuenta de esto en toda su extensión.

15 Ejemplos de operaciones unitarias para la conversión biotecnológica de material lignocelulósico (por ejemplo, paja) en productos de valor agregado (por ejemplo, etanol) son: desmenuzado mecánico y/o pretratamiento fisicoquímico, hidrólisis enzimática, fermentación y recuperación del producto. Por ejemplo, Vandebossche et al: "A new lignocellulosic biomass deconstruction process combining thermo-mechano chemical action and bio-catalytic enzymatic hydrolysis in a twin-screw extruder", *Industrial Crops and Products*, vol. 55, abril de 2014 (2014-04), páginas 258-266, describe un proceso para la descomposición del material de biomasa que contiene lignocelulosa, que comprende las etapas de proporcionar material de biomasa que contiene lignocelulosa y someter el material de biomasa que contiene lignocelulosa a conminución. También se hace referencia al documento WO 2009/158709 A2. En cuanto a producción de etanol celulósico a escala industrial, una barrera clave sigue siendo el gasto en costos y, por lo tanto, un proceso de baja energía y una conversión eficiente de biomasa son de gran importancia. Por lo tanto, el objeto de la presente invención es la provisión de un proceso mejorado altamente eficaz para la descomposición de material de biomasa que contiene lignocelulosa. Los inventores de la presente invención han encontrado ahora sorprendentemente que este objeto de la presente invención se puede lograr mediante un proceso según la reivindicación 1 independiente para la descomposición de material de biomasa que contiene lignocelulosa, que comprende las etapas

- 20
- 25
- 30
- 35
- (a) proporcionar material de biomasa que contiene lignocelulosa;
 - (b) someter el material biomasa que contiene lignocelulosa a conminución;
 - 40 (c) someter el material de biomasa que contiene lignocelulosa sometido a conminución un tamizado para separar una fracción de partículas que consiste en partículas con un diámetro medio de partículas de menos de 2.500 µm;
 - (d) someter el resto de material de biomasa que contiene lignocelulosa a un pretratamiento que se selecciona entre pretratamiento mecánico, pretratamiento biológico, pretratamiento químico, pretratamiento físico y combinaciones de los mismos;

45 en el que antes, durante o después del pretratamiento se añade de 1 a 15% en peso de partículas al material de biomasa que contiene lignocelulosa en el que al menos el 70% en peso de las partículas tienen un diámetro medio de partículas inferior a 1,6 mm.

50 Dentro de la presente invención, el término "material de biomasa" es un "material que contiene lignocelulosa". El término "material que contiene lignocelulosa" se debe entender que comprende todo tipo de material conocido por una persona experta en la técnica que comprende lignocelulosa. Los términos "material que contiene lignocelulosa", "biomasa que contiene lignocelulosa", "material lignocelulósico" y "biomasa lignocelulósica" se debe entender como sinónimos dentro de la presente invención. El material que contiene lignocelulosa especialmente preferido según la presente invención incluye madera, paja y/o cáscara de cereal, bagazo, cáscara de avena, césped, celulosa, pulpa de papel en bruto (obtenida de la producción de pulpa y papel) y mezclas de los mismos. Las fuentes alternativas o componentes adicionales pueden comprender uno o más de los siguientes componentes: celulosa purificada, pulpa, suero de leche, melaza o azúcares tales como glucosa y lactosa. En una realización preferida, el material que contiene lignocelulosa contiene al menos 25% en peso, preferiblemente al menos 40% en peso, más preferiblemente al menos 70% en peso, incluso más preferiblemente al menos 80% en peso % y más preferido al menos 90% en peso de

lignocelulosa. Se debe entender que el material que contiene lignocelulosa también puede comprender otros compuestos tales como material proteínico, almidón, azúcares, tales como azúcares fermentables y/o azúcares no fermentables.

5 Según la etapa b) del proceso según la presente invención, el material de biomasa que contiene lignocelulosa proporcionado se somete a una conminución. Por lo tanto, el término "conminución" comprende cualquier tipo de conminución conocida por una persona experta en la técnica como adecuada para el propósito de la invención. Dentro de una realización preferida, la conminución comprende cualquier tipo de procesamiento mecánico, maceración, trituración, molienda, picado, aplastamiento, corte, irradiación, molienda tal como molienda en seco, molienda en húmedo y molienda de bolas vibratorias, y cualquier combinación de los mismos. Dentro de una realización particularmente preferida, la conminución comprende o consiste en la molienda, que además se lleva a cabo preferiblemente mediante un molino de martillos. La conminución se lleva a cabo preferiblemente de manera continua.

15 Según la etapa c) del proceso de la invención, el material de biomasa que contiene lignocelulosa triturada se somete a un tamizado para separar una fracción de partículas que consiste en partículas con un diámetro medio de partículas de menos de 2.500 μm , preferiblemente con un promedio diámetro de menos de 2.200 μm , más preferido de menos de 1.800 μm y particularmente preferido de menos de 1.600 μm , aún más preferido de menos de 1.200 μm y más preferido de menos de 800 μm . En una realización alternativa, una fracción de partículas que consiste en partículas con un diámetro medio de partícula de 1 a 2.500 μm , preferiblemente de 1 a 1.800 μm , particularmente preferido de 1 a 1.600 μm y el más preferido de 1 a 1.200 μm se separa en la etapa c) del proceso de la invención.

20 Dentro de esta etapa de separación c), es particularmente preferente separar al menos 65% (peso fracción de partículas separadas/peso material de biomasa inicial) de las partículas con el diámetro de partícula promedio respectivo como se definió anteriormente, es preferente al menos 75% (peso/peso), más preferente al menos 85% (peso/peso) particularmente preferente al menos 95% (peso/peso), más particularmente preferente al menos 99% (peso/peso) y el más preferente 100% (peso/peso). Separar partículas con un diámetro medio de partículas de menos de 1.200 μm , preferentemente con un diámetro medio de menos de 1.100 μm , más preferiblemente de menos de 1.000 μm y particularmente preferente de menos de 800 μm , incluso más preferente de menos de 300 μm y lo más preferente de menos de 100 μm es particularmente ventajoso como exposición general al polvo y particularmente el riesgo de explosión de polvo se minimizan significativamente.

30 Dentro de la presente invención, se debe entender que el término "tamizado" comprende cualquier tipo de separación de la respectiva fracción de partículas, como se definió anteriormente, conocida por un experto en la materia como adecuada para el propósito de la invención. Dentro de una realización particularmente preferida, el término "tamizado" se debe entender como "cribado" y/o "filtrado". El tamizado se lleva a cabo preferiblemente dentro de un proceso en el que durante la conminución la fracción respectiva de partículas como se definió antes que comprende o consiste principalmente en partículas lo suficientemente ligeras como para permanecer en el aire se transporta a un filtro o tamiz por aire neumático o por aspiración para separar la fracción respectiva según la etapa c) del proceso de la invención. Dentro de una realización preferente, la fracción respectiva de partículas se separa durante la conminución, por lo tanto, las etapas b) y c) se llevan a cabo simultáneamente, preferiblemente de manera continua, o justo después de la conminución, que también se lleva a cabo preferiblemente de manera continua.

La separación según la etapa c) del proceso de la invención se lleva a cabo preferiblemente de manera continua durante la conminución del material de biomasa que contiene lignocelulosa.

40 Según la etapa d) del proceso de la invención, el material de biomasa que contiene lignocelulosa restante se somete a un pretratamiento. El término "material de biomasa que contiene lignocelulosa restante" se debe entender como que comprende cualquier material de biomasa que contiene lignocelulosa no separado dentro de la fracción de partículas con un diámetro medio de partículas de menos de 2.500 μm dentro de la etapa c) del proceso de la invención.

45 Dentro de la presente invención, el término "pretratamiento" se debe entender como un proceso que conduce a la eliminación y separación al menos parcial de la hemicelulosa de la celulosa y la interrupción y eliminación de la vaina de lignina, para disminuir la cristalinidad de la celulosa y así, para aumentar el área de superficie accesible de celulosa y/o para aumentar el tamaño de poro de la celulosa. El pretratamiento moviliza preferentemente la fracción pentosa del material que contiene lignocelulosa, mientras que al mismo tiempo mejora la digestibilidad de la fracción sólida que contiene celulosa.

50 Los métodos adecuados para el pretratamiento del material que contiene lignocelulosa según la etapa (a) de la presente invención incluyen cualquier tipo de métodos de pretratamiento mecánico, biológico, químico y/o físico conocidos por un experto en la técnica. Dentro de una realización preferida, el método de pretratamiento se selecciona entre los métodos de conminución mecánica, tratamiento con ácidos y/o alcalinos, oxidación húmeda, hidrotermólisis con pH controlado y/o explosión de vapor.

55 La "explosión de vapor" según la presente invención comprende preferiblemente un tratamiento hidrotermal presurizado a una temperatura de 60 a 350°C, preferiblemente de 80 a 300°C, particularmente preferido de 100 a 250°C y lo más preferido de 110 a 220°C del material que contiene lignocelulosa en ausencia o presencia de catalizadores ácidos (como H₂SO₄, HCl, H₃PO₄) o base/alcalinos (es decir, NH₄OH, NaOH, KOH, cal), que se agregan

a concentraciones de 0,01 a 15% (peso/peso), preferiblemente de 0,05 a 12,5% (peso/peso), más preferido de 0,1 a 10% (peso/peso) y el más preferido de 0,25 a 7,5%. En una realización preferida de la presente invención, la presión se selecciona preferiblemente de 1 a 100 bares, preferiblemente de 2 a 50 bares, también preferiblemente de 3 a 25 bar y el más preferido de 5 a 15 bar. Los tiempos de reacción durante la explosión de vapor se deben seleccionar de 10s a 2h, preferiblemente de 1 minuto a 1,5 horas, y lo más preferido de 5 minutos a 1 hora para proporcionar una transformación eficiente de los componentes de biomasa en preparación para la hidrólisis enzimática. Dentro de una realización particularmente preferida, un pretratamiento de "conminución mecánica" del material que contiene lignocelulosa se lleva a cabo antes o durante el pretratamiento con explosión de vapor, en el que la conminución mecánica se selecciona del grupo que consiste en procesamiento mecánico, molienda, trituración, picado, aplastamiento, corte, irradiación, molienda y combinaciones de los mismos.

El "pretratamiento ácido" según la presente invención constituye preferiblemente un tratamiento ácido diluido y/o suave continuo, tal como un tratamiento con ácido sulfúrico u otros ácidos orgánicos, tales como ácido acético, ácido cítrico, ácido tartárico, ácido succínico, cloruro de hidrógeno o mezclas de los mismos.

También se pueden usar otros ácidos. Un "tratamiento con ácido suave" según la presente invención se debe entender que se lleva a cabo a un pH de 1 a 5, preferiblemente un pH de 2 a 3 (respecto al material que contiene lignocelulosa). En una realización preferida, se agrega el ácido en concentraciones de 0,01 a 15% en peso (peso/peso), preferiblemente de 0,05 a 12,5% en peso (peso/peso), más preferiblemente de 0,1 a 10% en peso (peso/peso) y más preferido de 0,25 a 7,5% en peso. El ácido es preferiblemente ácido sulfúrico. El ácido se puede poner en contacto con el material que contiene lignocelulosa a una temperatura en el intervalo de 120 a 280°C, preferiblemente de 135 a 225°C y lo más preferente de 150 a 200°C durante un periodo de 1 a 60 minutos, preferiblemente de 2 a 30 minutos y lo más preferido de 5 a 15 minutos. La adición de ácidos fuertes, tales como el ácido sulfúrico, se puede aplicar dentro de realizaciones particularmente preferidas para eliminar la hemicelulosa.

El "pretratamiento químico" según la presente invención también se refiere al tratamiento del material que contiene lignocelulosa con H₂O₂, ozono, ácidos Lewis, FeCl₃, (Al)₂SO₄ en alcoholes acuosos, glicerol, di-oxano, fenol, etilenglicol, NaOH, Na₂CO₃ y/o amoniaco. Concentraciones preferidas, temperatura y duración se elige de forma análoga a las condiciones mencionadas anteriormente con respecto al pretratamiento con ácido.

El "pretratamiento de oxidación húmeda" según la presente invención implica el uso de agentes oxidantes, tales como agentes oxidantes basados en sulfito.

El término "conminución mecánica" con respecto al "pretratamiento" se refiere a cualquier tratamiento mecánico que promueva la separación y/o liberación de celulosa, hemicelulosa y/o lignina del material que contiene lignocelulosa. La conminución mecánica se selecciona preferiblemente del grupo que consiste en procesamiento mecánico, molienda, picado, trituración, aplastamiento, corte, irradiación, molienda como molienda en seco, molienda en húmedo y molienda de bolas vibratorias, y combinaciones de los mismos.

El "pretratamiento biológico" según la presente invención se refiere a cualquier pretratamiento biológico que promueve la separación y/o liberación de celulosa, hemicelulosa y/o lignina del material que contiene lignocelulosa. Técnicas de pretratamiento biológico pueden implicar la aplicación de microorganismos solubilizadores de lignina tales como actinomicetos (por ejemplo, cepas de Streptomyces), hongos de varilla blanca.

Los métodos de pretratamiento adecuados para el proceso de la presente invención se llevarán a cabo con dispositivos adecuados conocidos por un experto en la técnica. Un dispositivo adecuado para llevar a cabo el pretratamiento químico puede ser cualquier tipo de recipiente, como un reactor por lotes. Un dispositivo adecuado para llevar a cabo una explosión de vapor puede ser cualquier tipo de recipiente, como un reactor por lotes, pero también se puede llevar a cabo dentro de un reactor de tornillo, preferiblemente un reactor de tornillo continuo.

En una realización preferida, el contenido de sólidos del material que contiene lignocelulosa pretratado es de hasta 75% (peso/peso), preferiblemente de 25 a 65% (peso/peso) y particularmente preferido de 40 a 55% (peso/peso).

Dentro del proceso según la presente invención, antes, durante o después del pretratamiento, se añaden partículas al material de biomasa que contiene lignocelulosa en el que al menos 70% en peso de estas partículas tienen un diámetro promedio de menos de 1,6 mm, preferiblemente menos de 1,4 mm, más preferido menos de 1,0 mm y más preferido menos de 0,75 mm. Se prefiere además que al menos 80% en peso, preferiblemente al menos 85% en peso, particularmente preferido al menos 90% en peso, más particularmente preferido al menos 95% en peso y lo más preferido al menos 99% en peso de estas partículas tienen un diámetro promedio de menos de 1,6 mm, preferiblemente menos de 1,4 mm, más preferiblemente menos de 1,0 mm y lo más preferido menos de 0,75 mm. Los inventores de la presente invención encontraron sorprendentemente que la adición de partículas del diámetro promedio respectivo como se definió anteriormente mejora el transporte del material de biomasa que contiene lignocelulosa durante el pretratamiento, lo cual es particularmente beneficioso cuando el material de biomasa que contiene lignocelulosa se transporta durante el pretratamiento mediante el uso de transportadores helicoidales o de tornillo. La adición de estas partículas disminuye la fricción del material dentro del dispositivo de tratamiento y durante el transporte a través de tuberías y, por lo tanto, contribuye al ahorro de energía, pero también disminuye el tiempo del proceso contribuyendo significativamente a reducir los costos de producción.

El término "diámetro de partícula promedio" se refiere al valor D (0,50) de una distribución de tamaño de partícula volumétrica. El valor D (0,50) describe el tamaño de partícula de una distribución de tamaño de partícula volumétrica donde el 50% de las partículas son más pequeñas o más grandes que el valor respectivo.

5 Dentro de una realización preferida de la presente invención, las partículas se añaden de manera continua durante el pretratamiento. Sin embargo, también es posible agregar estas partículas por lotes, preferiblemente al comienzo y/o en mitad del pretratamiento.

Según la invención, se añaden de 1 a 15% en peso (peso de partículas/peso del material de biomasa que contiene lignocelulosa pretratada) al material de biomasa que contiene lignocelulosa, preferiblemente de 1 a 12% en peso, más preferido de 2 a 11% en peso y lo más preferido de 3 a 10% en peso.

10 Dentro de una realización preferida adicional, las partículas se seleccionan del grupo que consiste en grafito, carbón, carbón activado, silicato, partículas minerales de arcilla y mezclas de los mismos, en donde se prefieren particularmente el grafito, el carbón y/o el carbón activado. Agregar partículas de este grupo de materiales es ventajoso ya que las partículas aumentarán sustancialmente el valor energético del material de biomasa que contiene lignocelulosa ya que el material restante o remanente se usa generalmente como material combustible para diversas aplicaciones. Las partículas minerales de arcilla adecuadas se seleccionan del grupo que consiste en bentonitas y silicatos de láminas esmecticas, tales como montromillonita, aliettita, corrensita, kulkeita, lunijianlita, rectorita, saliotita, tarasovita, tosudita, beidellita, brinrobertsita, nontronita, swinefordita, volkonskoita, yakhontovita, hectorita, ferrosaponita, saponita, sauconita, spadaita, estevensita, zincsilita y sus mezclas.

20 Dentro de otra realización preferida de la presente invención, las partículas añadidas se seleccionan de la fracción de partículas separada según la etapa c). Por lo tanto, es posible que todas las partículas agregadas se seleccionen de la fracción de partículas separadas según la etapa c) o solo una parte de las partículas agregadas se seleccionen de la fracción de partículas separadas según la etapa c), sin embargo, se prefiere que todas las partículas separadas se agregan al material de biomasa. En caso de que solo se agregue una parte de la fracción de partículas separada según la etapa c), se prefiere que se añada al menos 50% en peso, preferiblemente al menos 65% en peso, más preferido al menos 95% en peso y lo más preferido al menos 99% en peso. Se prefiere además que se añadan de 50 a 99% en peso de las partículas separadas según la etapa c), preferiblemente de 65 a 99% en peso y más preferido de 85 a 99% en peso.

30 Dentro de una realización adicional del proceso de la presente invención, también es posible que parte de las partículas añadidas se seleccionan del grupo que consiste en grafito, carbón vegetal, carbón activado, silicato y partículas minerales de arcilla y otra parte se selecciona de las partículas separadas según la etapa c) del proceso de la invención. Dentro de una realización particularmente preferida, al menos 65% en peso (peso de partículas de la etapa c/peso total de partículas añadidas) de las partículas añadidas se seleccionan de las partículas separadas según la etapa c), preferiblemente al menos 85% en peso y más preferido al menos 95% en peso, mientras que la cantidad restante de como máximo 15% en peso, preferiblemente como máximo 5% en peso, se selecciona preferiblemente de carbón, grafito, minerales arcillosos y mezclas de los mismos.

40 Dentro de una realización particularmente preferida adicional, las partículas añadidas muestran una distribución de tamaño de partícula volumétrica con un valor D (0,10) de 20 a 175 μm y un valor D (0,50) de 250 a 450 μm . Una distribución de tamaño de partícula particularmente preferida muestra un valor D (0,10) de 35 a 130 μm y un valor D (0,50) de 300 a 450 μm . La distribución del tamaño de partícula se midió con un 5917 Mastersizer 2000 versión 5.40 (número de serie MAL1015917), de Malvern Instruments, Reino Unido. A continuación se describe una realización adicional particularmente preferida de la presente invención. La realización particularmente preferida no se debe entender limitante de la invención en ningún aspecto.

Realización particularmente preferida.

45 Proceso para la descomposición del material de biomasa que contiene lignocelulosa seleccionado de paja o bagazo, que comprende las etapas

- (a) proporcionar el material de biomasa que contiene lignocelulosa;
- (b) someter el material de biomasa que contiene lignocelulosa a conminución seleccionada de molienda, trituración y picado;
- 50 (c) someter el material de biomasa que contiene lignocelulosa que se ha sometido a conminución a un tamizado para separar una fracción de partículas que consiste en partículas con un diámetro medio de partículas de menos de 2.500 μm , preferiblemente menos de 1.800 μm ;
- 55 (d) someter el restante material de biomasa que contiene lignocelulosa que se ha sometido a conminución a un pretratamiento seleccionado de la explosión de vapor;

en el que durante el pretratamiento se añade de 8 a 10% en peso de partículas al material de biomasa que contiene

lignocelulosa en el que al menos el 85% en peso de las partículas añadidas tienen un diámetro medio de partículas de menos de 1,6 μm y se seleccionan de las partículas se separaron según la etapa c).

Ejemplo y figura.

5 La presente invención se describe adicionalmente mediante el siguiente ejemplo y figura. El ejemplo y la figura son solo para fines ilustrativos y no se deben entender como limitantes de la invención.

La figura 1 muestra el consumo de energía cuando se realiza el método con y sin tamizado y adición de partículas.

La figura 2 muestra la distribución volumétrica del tamaño de partícula de las partículas añadidas a la biomasa pretratada como se describe en el ejemplo 1.

Ejemplo 1.

10 Las pacas rectangulares de paja de trigo se transportaron con un sistema transportador a una máquina donde se retiraron las cintas adheridas. Luego, las pacas se soltaron en una trituradora de pacas equipada con desechos rotativos que trabajan a 3.000 rpm produciendo partículas con tamaños de partícula de 10 a 40 cm. Esta operación es necesaria para garantizar un transporte suave de la paja y la operación del paso de fresado posterior. Luego, la paja se transportó neumáticamente a un molino de martillos que trabaja a 3.000 rpm con tamices de 30 mm donde la paja se cortó en pedazos con tamaños de partículas de 1 a 5 cm. Durante la molienda, las partículas con una distribución de tamaño de partícula volumétrica con una D (0,50) de 419 μm y tamaños de partícula $<2.500\text{pm}$ se eliminaron con un sistema de aspiración operado con un ventilador radial (modelo BWA-MXE, Reitz). El aire que contenía estas partículas se dirigió a un sistema separador/filtro (filtro de bolsa modelo FTT 1-1-6, Hainke) donde las partículas se separaron del aire. Estas partículas se colocaron luego en un tornillo de transporte y se transportaron a un recipiente tampón.

20 La paja cortada se transportó al sistema de pretratamiento térmico con un alimentador de tambor de aguja seguido por un tornillo de transporte y un tornillo de tapón. El sistema de tornillo tenía un consumo medio de energía de 12,1 kW. A continuación, la paja de trigo se pretrató a 160°C durante 5 minutos sin adición de ningún producto químico. El material pretratado se recogió en un ciclón después del pretratamiento térmico.

25 Las partículas con la distribución volumétrica del tamaño de partícula con una D (0,50) de 419 μm (ver figura 2) se mezclaron con la fracción de paja cortada introduciéndolas en el sistema neumático de transporte de paja. Esto se hizo mediante el uso de un alimentador giratorio.

30 Este método conduce a ahorros de energía en el intervalo de 3 a 5,4% en consumo de energía (como se muestra en la figura 1 ya que el consumo medio de energía del sistema de transporte de tornillo de la unidad de pretratamiento térmico se redujo a 11,7 kW).

REIVINDICACIONES

1. Proceso para la descomposición de material de biomasa que contiene lignocelulosa, que comprende las etapas:
- 5 (a) proporcionar material de biomasa que contiene lignocelulosa;
- (b) someter el material biomasa que contiene lignocelulosa a conminución;
- 10 (c) someter el material de biomasa que contiene lignocelulosa sometido a conminución a un tamizado para separar una fracción de partículas que consiste en partículas con un diámetro medio de partículas de menos de 2.500 μm ;
- 15 (d) someter el material de biomasa que contiene lignocelulosa sometido a conminución restante a un pretratamiento que se selecciona entre pretratamiento mecánico, pretratamiento biológico, pretratamiento químico, pretratamiento físico y combinaciones de los mismos;
- en donde antes, durante o después del pretratamiento se añaden del 1 al 15% en peso de partículas al material de biomasa que contiene lignocelulosa en el que al menos 70% en peso de las partículas añadidas tienen un diámetro medio de partícula inferior a 1,6 mm.
2. Proceso según la reivindicación 1, en el que las partículas añadidas se añaden de manera continua durante el pretratamiento.
- 20 3. Proceso según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que las partículas añadidas se seleccionan del grupo que consiste en partículas minerales de grafito, carbón vegetal, carbón activado, silicato y arcilla.
- 25 4. Proceso según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que las partículas añadidas se seleccionan de la fracción de partículas separada según la etapa c).
5. Proceso según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que una fracción de partículas que consiste en partículas con un diámetro de partícula promedio de menos de 1.600 μm se separa según la etapa (c).
- 30 6. Proceso según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que al menos el 85% en peso de las partículas añadidas tienen un diámetro medio de menos de 1,6 mm.
- 35 7. Proceso según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que las partículas añadidas muestran una distribución de tamaño de partícula volumétrica con un valor D (0,10) de 20 a 175 μm y un valor D (0,50) de 250 a 450 μm .

Fig. 1

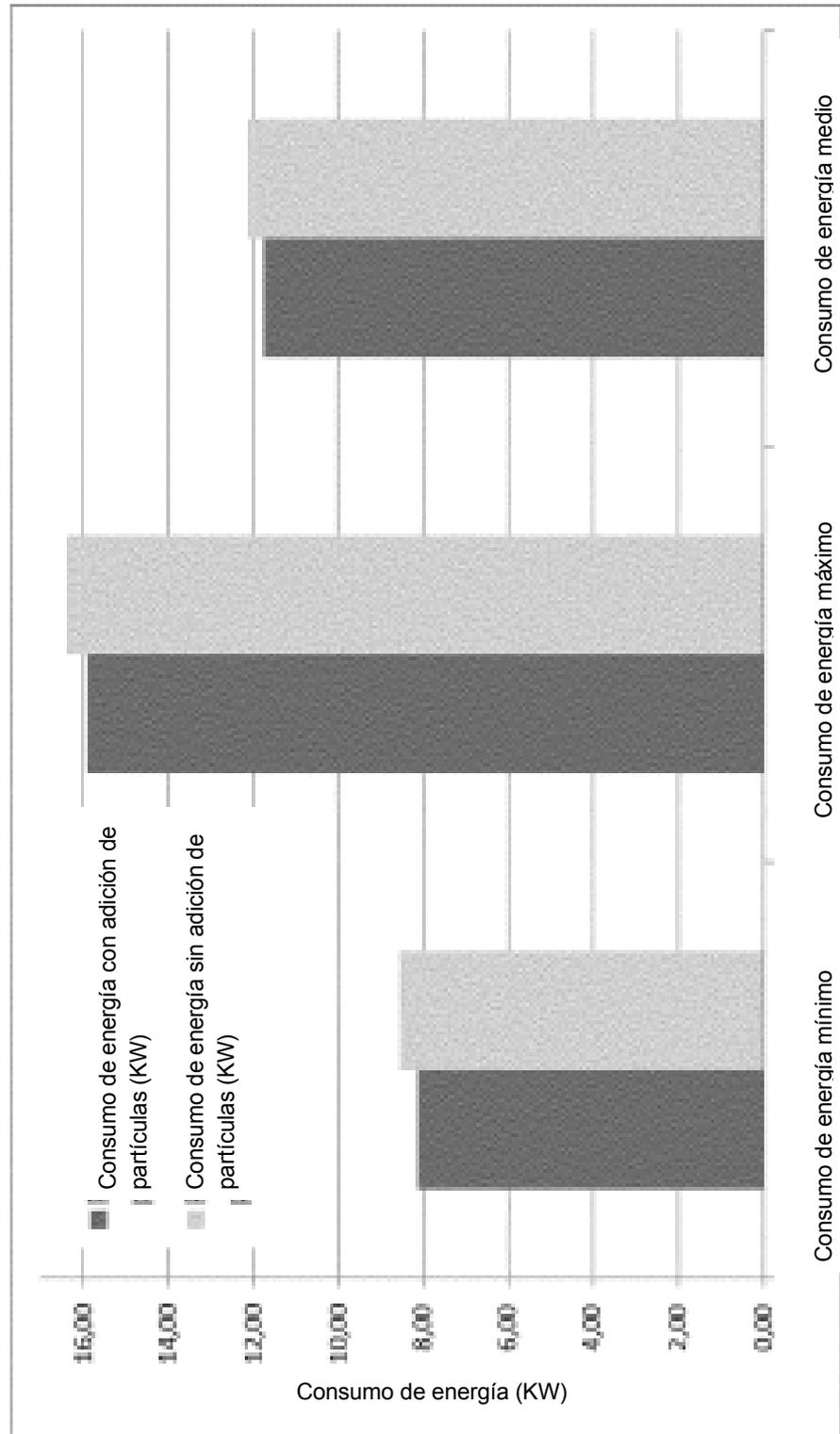


Fig. 2

