



No. 13-299260- -00004-0000

Fecha: 2015-01-06 16:26:01 Dep. 2020 DIR.NUEVASCR
Tra. 11 PATENTEIYII Eve: 379 FASENACIONALII
Act. 523 RESPUESTA Folios: 58

As. 126.782

Señor

DIRECTOR DIVISIÓN DE NUEVAS CREACIONES

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO

E.

S.

D.

REF: Expediente No. **13 299.260**– solicitud de patente de invención a favor de **GEOSYNFUELS, LLC**. Título: **MÉTODOS DE TRATAMIENTO DE BIOMASA**.

RESPUESTA A EXAMEN DE FONDO

JUAN PABLO CADENA SARMIENTO, portador de la tarjeta profesional No. 57.492 del C.S.J., obrando como apoderado de la sociedad solicitante me permito dar respuesta al Oficio No. 10385 relacionado con la patentabilidad de la presente invención y notificado por fijación en lista el 26 de Agosto de 2014.

De manera atenta nos permitimos remitir a su Despacho un nuevo capítulo descriptivo que incorpora una serie de modificaciones formales orientadas a corregir algunos errores gramaticales presentes en el mismo y que, por tanto, no evidencia adición de materia distinta a la inicialmente presentada.

Dentro de dichas modificaciones, resaltamos lo siguiente:

- La cantidad expresada en toneladas de azúcar libre presentes en el bagazo fue corregida así: *"El bagazo (C), el cual contiene ~~0.1~~**0.01 toneladas** u 83.3 gramos/litro (g/l) de azúcares libres en esta etapa"*. En particular, esta modificación se ve soportada por las enseñanzas de las Tablas 1 y 2, las cuales demuestran que el bagazo (C) contiene 0.01 toneladas de azúcares libres.

- La expresión “*solución de bagazo*” fue reemplazada por “***bagazo prensado***” dado que, en concordancia con lo descrito en las Tablas 2 y 3 y la Figura 4, los bagazos (F) y (J) corresponde a un bagazo prensado resultante de la ejecución de los pasos 28 y 44 de separación sólido/líquido. Además, cabe resaltar que según las Tablas 1 y 2, dichos bagazos (F) y (J) se conforman sólidos de bagazo y líquido, por lo que tal modificación resulta completamente coherente.
- Se corrigió el porcentaje de azúcares tratados señalados en la frase “*En este punto más del ~~99~~ 90 % de los azucares libres que estaban en el bagazo original (C) que entró en el proceso 40 han sido extraídos*” pues, en ese punto, el bagazo prensado (J) aún contiene 0.001 toneladas o 10% de la cantidad de azúcares libres -0.01 toneladas- presentes inicialmente en el bagazo (C). En este sentido, es claro que el capítulo descriptivo presentaba un error meramente tipográfico.
- En la expresión “*Esto da como resultado un rendimiento de 133.47 litros (35.26 galones) de etanol por tonelada de bagazo sobre una base en peso seco*” se aclaró que el rendimiento referido corresponde a un cálculo **en peso seco** del bagazo de partida.

Como tal, las correcciones y aclaraciones realizadas al capítulo descriptivo no simbolizan ninguna ampliación del alcance de la invención y además, se encuentran completamente soportadas por la documentación presentada en un principio, por lo cual solicitamos respetuosamente sean aceptadas.

Por otro lado, remitimos también un nuevo pliego reivindicatorio que consta de veintiún (21) reivindicaciones, las cuales se mantienen plenamente sustentadas por las divulgaciones del capítulo descriptivo y no exceden el alcance de la invención previamente reclamada.

Dicho nuevo pliego reivindicatorio fue objeto de una serie de modificaciones enfocadas esta vez a solventar las faltas de claridad y concisión señaladas por el señor Examinador, alcanzando también una distinción considerable entre el estado de la técnica y la presente invención, hecho que expondremos más adelante.

Como parte de tales modificaciones, se especifica ahora que el segundo hidrolizado enriquecido en azúcar, mencionado como parte del paso de separación descrito en la reivindicación 5, se separa de un *“nuevo lote de biomasa”*.

Por otra parte, las reivindicaciones 2, 13 a 20 y 30 fueron completamente excluidas del nuevo pliego reivindicatorio, por lo cual se asumen superadas las objeciones emitidas en contra de las mismas. Debido a esto, la numeración del mismo fue ajustada de manera pertinente.

De manera similar, las expresiones *“porción de los monosacáridos”*, *“tiempos suficiente”* y *“una mayor parte”* fueron completamente eliminadas del presente pliego reivindicatorio y por tanto, ya no representan ningún inconveniente para la comprensión de la invención aquí reclamada.

En cuanto a la reivindicación 1, nos permitimos expresar que el lenguaje de la misma fue modificado evitando hacer referencia a posibles efectos del proceso y delimitando el alcance del mismo. En este sentido, consideramos que la nueva expresión *“eluir al menos 50% de los monosacáridos libres a partir de la biomasa hacia el hidrolizado reciclado, con lo cual se forma un hidrolizado enriquecido en azúcar”* da a entender a la persona versada en la materia que durante la etapa de elución, un mínimo de 50% de los monosacáridos libres presentes en la biomasa son eluidos hacia el hidrolizado reciclado.

Adicionalmente, la nueva reivindicación 1 especifica que *“las etapas de mezcla, elución y separación se llevan a cabo antes de la hidrólisis de polisacáridos dentro de la biomasa en un proceso de pretratamiento”*, lo cual permite comprender de mejor manera el orden lógico de ejecución de tales etapas de acuerdo al método propuesto por la presente invención. Vale la pena agregar que dicha expresión se encuentra soportada por las divulgaciones del capítulo descriptivo, o más puntualmente por las Figuras 2 a 4 y sus respectivas descripciones detalladas.

De acuerdo con esto, afirmamos que contrario a lo afirmado por el señor Examinador, el lenguaje de la reivindicación 1, de la mano con las enseñanzas del capítulo

descriptivo, referencia de manera clara que la ejecución de un proceso de pretratamiento destinado a hidrolizar los polisacáridos presentes al interior de la biomasa no hace parte como tal de los procesos de producción de biocombustibles, como el aquí reivindicado, pues dicho pretratamiento no juega un rol esencial en la resolución del problema técnico objetivo.

No obstante, destacamos que la ejecución de dicho pretratamiento hace parte de modalidades específicas del proceso reivindicado y por tanto, este se describe e implementa de forma pertinente en algunas de las reivindicaciones dependientes de la presente divulgación.

En consecuencia, concluimos que la nueva reivindicación 1 expone plena concisión con las demás reivindicaciones del pliego reivindicatorio al mencionar, como característica esencial, que *“las etapas de mezcla, elución y separación se llevan a cabo antes de la hidrólisis de polisacáridos dentro de la biomasa en un proceso de pretratamiento”*, y dando a conocer que tal pretratamiento puede ser implementado en algunas de las modalidades de la invención.

De la mano con este aspecto, es importante señalar que precisamente dicha característica técnica se asocia con un avance importante en la producción de biocombustibles, pues el hecho de remover los azúcares libres de la biomasa antes de cualquier etapa de pretratamiento permite que los azúcares presentes en la biomasa sean procesados a biocombustible en lugar de someterse a un pretratamiento y sufrir deshidratación y degradación, lo cual deriva en la presencia de productos inhibitorios como furfural e hidroximetilfurfural.

Así pues, concluimos que además de resolver los problemas de claridad señalados por el señor Examinador, la caracterización expuesta en la nueva reivindicación 1 también permite al versado en la materia comprender los beneficios asociados con la presente invención en términos de (i) incrementar la disponibilidad de azúcares para ser procesados a biocombustible y (ii) reducir la presencia de productos secundarios formados durante cualquier pretratamiento posterior, aspectos que se comentarán en profundidad posteriormente.

Más allá de lo comentado, es preciso destacar que tanto el capítulo descriptivo como el arte previo documentan y exponen abiertamente una amplia variedad de protocolos de pretratamiento y condiciones aptas para los mismos, por lo cual es evidente que la persona normalmente versada en la materia interesada en llevar a cabo la presente invención, puede acudir sin inconveniente alguno a dicha materia para ejecutar el proceso descrito, por ejemplo, en la reivindicación 4, el cual incorpora dicho pretratamiento.

Es por tanto que insistimos en que la materia consignada en el actual pliego reivindicatorio es completamente pertinente y comprensible para el versado en la materia, y que no hay lugar a considerar modificaciones o restricciones adicionales pues éstas derivarían en una restricción exagerada e injustificada del alcance de la presente invención.

Asimismo, reiteramos que la reivindicación 1 permite establecer una protección justa y generalizada del alcance de la presente invención y sus modalidades posibles, las cuales se exponen a lo largo de las reivindicaciones dependientes. De acuerdo con esto, es claro que en caso de incluir dicha etapa de pretratamiento como parte esencial de la invención descrita en la reivindicación 1, el alcance de la misma sufriría una restricción innecesaria y además, permitiría que cualquier tercero llevara a cabo modificaciones superficiales sobre la materia descrita para ejecutarla sin cometer ninguna infracción, hecho que va en detrimento del privilegio que aquí se solicita.

A la luz de lo anterior, solicitamos sea reconocida la total claridad y concisión de la nueva reivindicación 1, y que consecuentemente sean retiradas las objeciones que perjudican a la misma pues, contrario a lo afirmado por el señor Examinador, la misma no hace referencia a ningún resultado, uso, ventaja o efecto de la invención.

Retomando el anterior argumento, esta vez en torno a la objetada reivindicación 4 (nueva reivindicación 3), afirmamos que si bien la inclusión explícita de la etapa de pretratamiento es innecesaria, esta fue modificada para definir con claridad la manera en la cual la biomasa es sometida a dicho pretratamiento, lo cual se infiere de la siguiente expresión: *"caracterizado porque comprende además el paso de pretratar la*

biomasa después del paso de separación mediante hidrólisis de los polisacáridos presentes en la biomasa".

Consecuentemente, afirmamos que la materia reivindicada es completamente clara y comprensible a ojos del versado en la materia, quien se encuentra en plena capacidad de notar que el pretratamiento reclamado corresponde a una hidrólisis de polisacáridos, la cual como se indicó anteriormente, puede ser llevada a cabo mediante cualquiera de los protocolos mencionados en la descripción o ya conocidos en el arte previo.

De manera similar, solicitamos sea retirada la objeción que perjudica a la reivindicación 22 (nueva reivindicación 13), pues la misma fue igualmente corregida como ocurrió con la ya comentada reivindicación 4.

Por otra parte, encontramos que la reivindicación 6 (nueva reivindicación 5) fue objetada porque en opinión del señor Examinador, la expresión "*para un nuevo lote de biomasa que contiene monosacáridos libres*" representa un efecto de la invención y este no es permitido. En respuesta a tal objeción, es nuestra intención señalar que dicha reivindicación fue modificada especificando cómo el hidrolizado separado se emplea como hidrolizado reciclado en la etapa de mezcla para dar lugar a un nuevo lote de biomasa que contiene monosacáridos libres.

En vista de lo anterior, consideramos que la persona versada en la materia no tendría ningún inconveniente para determinar el alcance de la invención de la reivindicación 6 y por tanto, solicitamos se retire la respectiva objeción.

En relación con la reivindicación 8 (nueva reivindicación 7), nos permitimos expresar que la expresión "*el residuo es convertido en un producto útil*" fue eliminada, indicando en su lugar que el proceso allí reivindicado "*comprende además el paso de convertir la biomasa pretratada en un combustible de alta densidad de energía o en un material de alimentación de molino de papel*". Dado que ahora se referencia de modo puntual los productos de interés, tal y como sugirió el señor Examinador, solicitamos sea retirada tal objeción.

Dado que la reivindicación 26 (nueva reivindicación 17) fue corregida de manera similar a dicha reivindicación 8, también asumimos superada la objeción que perjudicaba a la misma.

Respecto a la expresión *“el bagazo de caña de azúcar es un subproducto de un molino de azúcar”* de la reivindicación 9 (nueva reivindicación 8), consideramos que la misma no representa ninguna falta de claridad sino permite comprender el origen del bagazo de caña empleado para la ejecución de la presente invención, lo cual resulta familiar para el versado en la materia.

En este sentido, es de notar que el bagazo representa la materia fibrosa que permanece una vez la caña de azúcar o los tallos del sorgo son triturados para extraer sus jugos. A pesar de que el bagazo usualmente se obtiene como producto final de un molino de azúcar, este puede ser producido también por otros métodos; por ejemplo, dicho bagazo de caña de azúcar puede ser obtenido como producto secundario de un proceso de biocombustibles que use caña de azúcar como punto de partida o materia prima.

Inclusive, el bagazo resultante de la extrusión de la caña de azúcar para producir bebidas líquidas –práctica ampliamente extendida en Latinoamérica– podría ser empleado de manera válida como materia prima del proceso aquí reivindicado, razón por la cual encontramos necesario indicar el origen del bagazo concerniente a la presente invención.

Dicho esto, solicitamos sea reconocido que la expresión *“el bagazo de caña de azúcar es un subproducto de un molino de azúcar”* de la reivindicación 9 representa una restricción válida pues indica al versado en la materia que el material de origen utilizado para la ejecución de la presente invención debe provenir de un molino de azúcar y no de cualquier otro proceso.

En cuanto a la reivindicación 21 (nueva reivindicación 12), solicitamos sea tenido en cuenta que la misma fue modificada a fin de especificar que cada una de las etapas de mezcla, elución y separación se llevan a cabo *“antes de la hidrólisis de cualquier*

polisacárido presente dentro de la biomasa en un proceso de pretratamiento”, teniendo en cuenta que este es un aspecto crítico del proceso reivindicado, como se comentó anteriormente.

Inclusive, insistimos en que el lenguaje de dicha nueva reivindicación es claro respecto a que la ejecución de un pretratamiento no es esencialmente necesaria para dar solución al problema técnico que enfrenta la presente invención, sino que el mismo puede ser implementado como parte de modalidades específicas de la misma, pero siempre teniendo en cuenta que su ejecución debe ser posterior a las etapas de mezcla, elución y separación reivindicadas, procurando que las mismas ocurran antes de cualquier hidrólisis de polisacáridos.

Finalmente, en lo que respecta a la reivindicación 30 (nueva reivindicación 21), nos permitimos mencionar que la expresión *“porque una mayor parte de los azúcares libres dentro de la biomasa se dejan eluir”* fue reemplazada por la frase “eluir al menos 50% de los azúcares libres dentro de la biomasa hacia el hidrolizado”, la cual permite comprender de manera más específica el alcance de la presente invención.

Con base en dichas modificaciones, solicitamos respetuosamente sean retiradas todas y cada una de las objeciones que cuestionan y perjudican la claridad y concisión de la presente divulgación, la cual en nuestro concepto cumple con todos los requisitos y sugerencias manifestadas por su Despacho.

Igualmente, reiteramos que las modificaciones realizadas al nuevo pliego reivindicatorio se encuentran soportadas en su totalidad por las divulgaciones del capítulo descriptivo, razón por la cual solicitamos sean aceptadas.

Novedad

Considera el señor Examinador que los documentos D1 (*“Method of treating biomass material”*, US 5,366,558) y D2 (*“Bei hydrolysis process system an improved process for the continuous hydrolysis saccharification of lignocellulosics in a two-stage plug-flow reactor system”*, US 5,411,594) anticipan el objeto de la invención reclamada en la reivindicación 13 y por tanto, esta carece de novedad.

Sin embargo, dada la eliminación de dicha reivindicación del actual pliego reivindicatorio, solicitamos respetuosamente se reconozca el completo cumplimiento de requisito de novedad y se retire la respectiva objeción, la cual consideramos carece ahora de toda validez.

Nivel inventivo

Adicionalmente, afirma el señor Examinador que los citados documentos D1 y D2 ponen a disposición del versado en la materia información suficiente para que este, sin necesidad de aplicar su propia habilidad inventiva, pueda alcanzar de manera obvia el objeto de la invención reclamada en las reivindicaciones 1 y 21.

Partiendo de nuestro desacuerdo frente a tal apreciación, procedemos a analizar en detalle y comparar la nueva materia reivindicada con el estado de la técnica citado por el señor Examinador, demostrando de este modo su entera patentabilidad.

En primera instancia, encontramos que el documento D1 se relaciona con un método para tratar material de biomasa mediante la ejecución de múltiples rondas de pretratamientos de hidrólisis, tal y como describe el siguiente fragmento:

*“Esta invención se refiere al tratamiento de material de polisacárido tal como celulosa, hemicelulosas y lignocelulosa por hidrólisis **para producir monosacáridos** tales como pentosas y hexosas; a la producción de etanol a partir de tales monosacáridos; a la oxidación húmeda de sólidos tales como lignina para producir productos solubles de valor tales como ácidos orgánicos; y para la metanización de los residuos de la oxidación húmeda y la fermentación de la rectificación.”*

Adaptado del documento D1 (columna 1, líneas 20-29)

Tal y como es posible apreciar, la referencia en mención divulga un método para pretratar biomasa y producir monosacáridos a partir de ello, lo cual contrasta

abiertamente con el alcance y sentido de la presente invención y por tanto, no podría brindar sugerencias o motivación al versado en la materia interesado en su desarrollo.

A partir de lo anterior, es evidente que el documento D1 falla completamente en enseñar o sugerir un proceso para producir biocombustible desde biomasa que de hecho incluye monosacáridos libres, razón por la que consideramos que dicha referencia no es relevante para el estudio de patentabilidad de la presente invención.

Con el fin de identificar más claramente las diferencias existentes entre la presente invención, presentamos a continuación la nueva reivindicación 1:

“Un proceso para producir biocombustible a partir de biomasa que incluye monosacáridos libres, caracterizado porque comprende los pasos de:

mezclar la biomasa con un hidrolizado reciclado;

eluir al menos 50% de los monosacáridos libres a partir de la biomasa hacia el hidrolizado reciclado, con lo cual se forma un hidrolizado enriquecido en azúcar;

separar de la biomasa el hidrolizado enriquecido en azúcar; y

fermentar los monosacáridos en el hidrolizado enriquecido en azúcar, separado; y en donde

las etapas de mezcla, elución y separación se llevan a cabo antes de la hidrólisis de polisacáridos dentro de la biomasa en un proceso de pretratamiento.”

De acuerdo con esta nueva reivindicación, la presente invención representa un **proceso para producir biocombustible** que consta de las siguientes etapas:

- (1) Mezclar la biomasa con un hidrolizado reciclado;
- (2) Eluir al menos 50% de los monosacáridos libres hacia el hidrolizado reciclado, formando un hidrolizado enriquecido en azúcar;

- (3) Separar el hidrolizado enriquecido en azúcar de la biomasa original; y
- (4) Fermentar los monosacáridos del hidrolizado enriquecido en azúcar separado;

teniendo en cuenta que las etapas de mezcla, elución y separación tienen lugar antes de cualquier tipo de pretratamiento.

Al comparar la anterior caracterización frente a las divulgaciones del documento D1, se observa que en lugar de proporcionar algún tipo de aproximación al alcance de la presente invención, la anterioridad se aleja de la misma pues divulga procesos orientados netamente a la **hidrólisis de azúcares** que además fallan en incorporar etapas de mezcla, elución y separación antes de dicha hidrólisis.

En este orden de ideas, afirmamos que el documento D1 no anticipa la secuencia de etapas que da lugar a la presente invención sino que, contrario a ello, se limita a describir un proceso para hidrolizar bagazo o cualquier otro tipo de biomasa que contenga azúcares, ignorando por completo las etapas (1), (2) y (3) de la presente invención que como tal, deben ser ejecutadas **antes de llevar a cabo cualquier hidrólisis**.

Tomando como referencia el examen practicado por el señor Examinador, encontramos que la única diferencia que él denota es que el documento D1 no menciona la ejecución de ninguna etapa de separación previa a la hidrólisis de los polisacáridos.

Sin embargo, tal y como expresamos anteriormente, esta no es la única diferencia existente entre la presente divulgación y dicha anterioridad, ya que esta última no menciona en ningún momento la necesidad de llevar a cabo la mezcla (1) de la biomasa con un hidrolizado reciclado, y la elución (2) de mínimo el 50% de los monosacáridos libres hacia el hidrolizado reciclado para entonces separar (3) el hidrolizado enriquecido en azúcar de la biomasa.

Dado que el documento D1 no contiene ninguna enseñanza concreta que oriente al desarrollo de un proceso en donde se emplea un hidrolizado para eluir monosacáridos

libres desde la biomasa, y mucho menos menciona el hecho de que tal biomasa no debe haber sido sometida a ningún pretratamiento previo a dicho procesamiento, concluimos que el mismo no representa soporte documental válido para afectar la patentabilidad de la presente invención.

Más allá de esto, reiteramos que dicho documento D1 mantiene total silencio en lo referente a la necesidad de llevar a cabo tales etapas de mezcla, elución y separación **antes de cualquier pretratamiento**, con el fin de permitir que los azúcares libres presentes en la biomasa sean procesados en biocombustible en lugar de sufrir **deshidratación y degradación**, dando origen a productos secundarios inhibitorios e indeseados como lo son el furfural y el hidroximetilfural.

De la mano con lo anterior, reiteramos que la presente invención demuestra claras **ventajas y beneficios** entendidos como:

- Aumento de la disponibilidad de azúcares para ser procesados en biocombustible; y
- Reducción de la formación de posibles productos secundarios originados durante el pretratamiento;

los cuales de ninguna manera habrían podido ser previstos dadas las enseñanzas del documento D1 y que, por tanto, respaldan el total cumplimiento del requisito de nivel inventivo objetado por su Despacho.

Así las cosas, solicitamos respetuosamente sea reconsiderada la objeción que perjudica la patentabilidad de la reivindicación 1 ya que, como bien se ha demostrado, el estado de la técnica no se relaciona con el objeto de la misma y por tanto, no pone a disposición del versado en la materia las herramientas necesarias para alcanzarla de manera obvia.

En complemento de lo anterior, es nuestra intención señalar que el examen practicado por el señor Examinador exhibe un enfoque altamente subjetivo pues, contrario al problema técnico objetivo que infiere (*"¿Cómo modificar los procedimientos conocidos en D1 y D2 para conseguir un proceso mejorado para tratar biomasa incluyendo*

azúcares libres, donde se evite la formación de subproductos dañinos y la falta de eficacia que afectan la viabilidad general de la tecnología?) no corresponde al verdadero problema que enfrenta la invención, el cual se relaciona más con la necesidad de desarrollar métodos de procesamiento de biomasa que ya contiene azúcares libres antes del pretratamiento, para obtener biocombustible alternativos y mejorados.

Bajo esta condición, afirmamos que la patentabilidad de la presente invención ha sido juzgada mediante un análisis en retrospectiva que impide determinar el real aporte de la invención al campo técnico, y que se limita a atribuirle obviedad a la misma en vista de la misma solución que esta proporciona, razón por la que consideramos que la objeción del señor Examinador carece de toda validez.

Considerando lo anterior, y abordando el estudio del documento D1 de manera objetiva, es de notar que esta anterioridad da a conocer una serie de disposiciones útiles para manejar la remoción de productos orgánicos inhibitorios tales como el furfural o los terpenoides, entre otros, los cuales inhiben la fermentación del hidrolizado producido mediante el proceso allí descrito.

Según esto, es evidente que el documento D1 no proporciona ninguna sugerencia o motivación que lleve al versado en la materia a determinar que la biomasa que contiene azúcares libres no debe ser procesada de la misma forma en que se procesan otras biomásas, como aquellas mencionadas en el documento D1; razón por la cual insistimos en que hay poca o ninguna relación entre el estado de la técnica y la presente invención.

Inclusive, encontramos que el documento D1 describe específicamente un proceso en el cual se lleva a cabo el reciclaje de un hidrolizado como pretratamiento de una biomasa, hecho que demuestra aún más la falta de relevancia existente entre esta anterioridad y el objeto aquí reivindicado, y el alejamiento que la misma supone.

Como muestra adicional de esta circunstancia, nos permitimos ahora analizar el ejemplo citado por el señor Examinador, según el cual este afirma que la presente

invención se encuentra sugerida por el arte previo y por tanto, carece de nivel inventivo.

El ejemplo citado por el señor Examinador evidencia que, según esta anterioridad, toda la biomasa es hidrolizada mucho antes de llevar a cabo etapas de mezcla, elución y separación como las descritas en la reivindicación 1, hecho que respalda nuestra posición en favor de la patentabilidad de la presente invención.

Derivado de esto, vale la pena aclarar que el “*contenido máximo de azúcar en fase acuosa*” mencionado por el señor Examinador y comparado con las etapas (1) y (2) de la presente invención, en lugar de referirse a la cantidad de azúcares libres presente en la biomasa antes de cualquier pretratamiento, corresponde meramente a la concentración máxima de azúcar obtenida como consecuencia a la **sucesión de hidrólisis** que sufre el residuo de celulosa presente en la materia prima, lo cual únicamente sugiere un mecanismo para maximizar la hidrólisis de celulosa a glucosa bajo un mecanismo relativamente rápido que no guarda ningún tipo de relación con el objeto y sentido de la presente invención.

En vista de lo anterior, asumimos demostrado que la presente invención cumple satisfactoriamente con los requisitos de novedad y nivel inventivo, y que además, simboliza importantes ventajas considerando el contexto técnico en el cual se desarrolla, razón por la cual solicitamos sea reconocida su entera patentabilidad.

Ahora bien, en lo relativo a la reivindicación 21 (nueva reivindicación 12), nos permitimos señalar que la misma fue modificada de manera similar que en el caso de la reivindicación 1, tal y como se aprecia a continuación:

“Un proceso para producir biocombustible a partir de biomasa que incluye azúcares libres, caracterizado porque comprende los pasos de:

mezclar la biomasa con un hidrolizado antes de la hidrólisis de cualquier polisacárido presente dentro de la biomasa en un proceso de pretratamiento;

eluir los azúcares libres contenidos dentro de la biomasa hacia el hidrolizado antes de la hidrólisis de cualquier polisacárido presente dentro de la biomasa en un proceso de pretratamiento;

separar el hidrolizado que incluye los azúcares libres eluidos de la biomasa antes de la hidrólisis de cualquier polisacárido presente dentro de la biomasa en un proceso de pretratamiento; y

fermentar los azúcares libres contenidos en el hidrolizado separado.”

A partir de la anterior caracterización, nos permitimos llamar la atención sobre el hecho de que las etapas de mezcla, elución y separación allí descritas hacen referencia al tratamiento de azúcares libres eluidos de la biomasa **antes de la hidrólisis de cualquier tipo de polisacárido** presente en dicha biomasa mediante un proceso de pretratamiento, lo cual se aleja radicalmente de las enseñanzas del ya comentado documento D1.

Así pues, concluimos que el documento D1 falla igualmente en enseñar o sugerir la secuencia de etapas y condiciones técnicas que caracterizan a la presente invención, la cual establece un proceso en donde se eluyen los azúcares libres presentes en una biomasa con un hidrolizado y luego se separa dicho hidrolizado con los azúcares libres eluidos antes de que la biomasa sea pretratada para descomponer los polisacáridos allí presentes en monosacáridos.

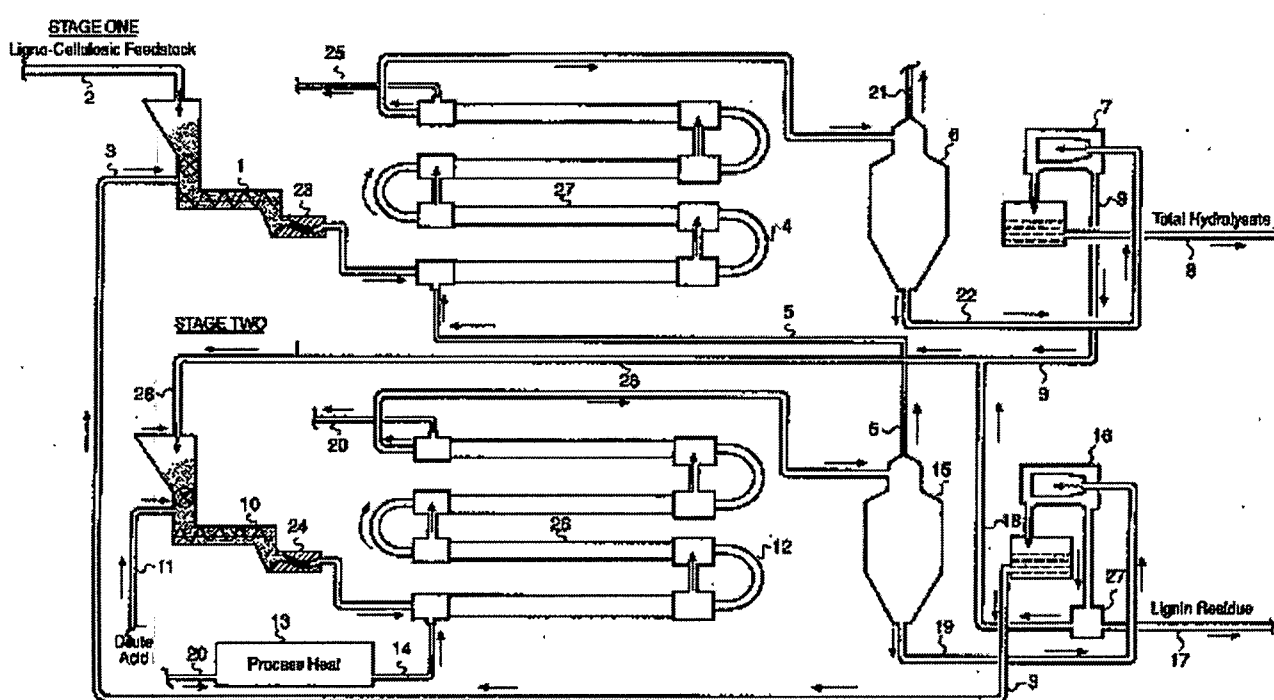
Dicho esto, solicitamos respetuosamente se reconozca también la total patentabilidad de la invención descrita en la nueva reivindicación 12, la cual no podría ser anticipada o alcanzada de manera exacta partiendo de las divulgaciones del documento D1.

Dejando de lado el análisis del documento D1, procedemos ahora a comentar las enseñanzas del documento D2, demostrando que este tampoco proporciona información valiosa que permita alcanzar de manera obvia la presente invención.

El documento D2 se encuentra relacionado con un proceso mejorado para llevar a cabo la sacarificación de hidrólisis continua de materiales ligno-celulósicos

empleando un sistema de reactor de flujo de tapón de dos etapas, el cual se aleja considerablemente de la configuración del proceso aquí reivindicado.

Más específicamente, el documento D2 enseña un proceso regido por el siguiente arreglo:



“Como se muestra en la figura. 2, la realización preferida del procedimiento mejorado de la invención es un sistema de dos etapas, compuesto por un reactor de flujo de tapón provisto de dos intercambiadores de calor de doble tubo y subsistemas de tanque de expansión, en serie.

En la etapa uno del mejor modo, una materia prima lignocelulósica, seca y molida para pasar por malla 10, se transporta a través del conducto 2, y se alimenta por un alimentador rotativo hacia un mezclador de lodos 1, donde se mezcla con una solución suministrada por el conducto 3, que es una mejora del proceso de la invención. Esa solución en el conducto 3 es una solución diluida de hidrolizado ácido y alfa-celulosa caliente y presurizada, que proporciona, por inter-etapa de transferencia de flujo inverso de la etapa de dos a la etapa uno, lo siguiente: 1) calor excedente de proceso, 2) catalizador de ácido diluido y 3) los ingredientes y la solución de agua.”

Adaptado del documento D2 (Figura 2; columna 5, líneas 45-59)

Según el anterior esquema, es claro que el documento D2 divulga un proceso en donde se lleva a cabo el reciclaje de un hidrolizado a partir de una segunda etapa de hidrólisis a una primera etapa de hidrólisis; razón por la que afirmamos que el documento D2 falla completamente en sugerir o enseñar un proceso para la producción de biocombustible a partir de una biomasa que contiene de por sí un contenido considerable de monosacáridos, como el que aquí se reivindica.

Nuevamente, encontramos que la referencia citada por el señor Examinador mantiene total silencio respecto al desarrollo de la invención de la reivindicación 1, la cual se caracteriza por comprender etapas de mezcla, elución y separación que tienen lugar mucho antes de ejecutar cualquier etapa de pretratamiento o hidrólisis.

De hecho, consideramos que las enseñanzas de dicho documento D2 se oponen completamente al concepto inventivo que caracteriza a la presente invención pues, la característica esencial más importante de dicha anterioridad constituye precisamente el reciclaje del hidrolizado del reactor de hidrólisis de la segunda etapa hacia el reactor de hidrólisis de la primera etapa, aspecto que se evita abiertamente en el proceso reivindicado.

Con base en lo anterior, concluimos que el documento D2 no representa mayor relevancia para el análisis de patentabilidad de la presente invención ya que este falla por completo en anticipar el concepto inventivo característico de la presente divulgación e incluso, proporciona información que contradice la disposición del proceso aquí descrito.

En complemento de la anterior argumentación, nos permitimos ahora mencionar que a lo largo de su examen, el señor Examinador recae en una clara malinterpretación del arte previo, la cual respetuosamente procedemos a aclarar.

En este sentido, el señor Examinador afirma que la presente invención no manifiesta ningún efecto inesperado o beneficio sobre el arte previo porque el documento D2 anticipa la obtención de rendimientos máximos de azúcar sin reciclar y reciclando el 50% de la corriente.

Sin embargo, es de notar que esta apreciación es incorrecta pues las enseñanzas de la anterioridad en mención no referencian el reciclaje de una **corriente de hidrolizado** –como es el caso de la presente invención–, sino de cierto residuo de biomasa, de acuerdo con lo observado en el siguiente fragmento:

*“En la etapa dos, el residuo de celulosa sin hidrolizar de la etapa uno se mezcla con la **fracción reciclada de residuos de alfa-celulosa sin hidrolizar**, dentro de la etapa dos. Juntas se mezclan con una solución acuosa diluida de ácido en el lodo de materia prima de la reacción de hidrólisis de alfa-celulosa, con 10% en peso a 20% en peso de sólidos. La solución fresca diluida de ácido es precalentada por un proceso de calor de vapor instantáneo remanente de la etapa uno.*

(...)

*Es otro objeto específico que la cuarta mejora al proceso de hidrólisis de celulosa sea en la etapa dos, y es que sea hasta un **50% en peso de reciclaje de los residuos sólidos de alfa-celulosa sin hidrolizar**, después de su separación del hidrolizado de azúcar caliente y presurizado y la solución diluida de ácido; todo dentro de la etapa dos. Esa fracción reciclada se utiliza de forma idéntica con la materia prima de hidrólisis regular de alfa-celulosa de la etapa uno, el procesamiento de la hidrólisis de hemicelulosa. Sin embargo, la fracción remanente no-reciclada es el producto final de residuos de lignina sólidos de la mejora de proceso de hidrólisis de celulosa de esta invención.”*

Adaptado del documento D2 (Columna 3, líneas 29 a 68)

Así las cosas, insistimos en que el reciclaje al cual se refiere el señor Examinador corresponde al reciclaje de residuos sólidos de alfa-celulosa, o dicho de otro modo, **biomasa reciclada**, y no al **reciclaje de un hidrolizado** como reclama la presente

invención; hecho que demuestra que la materia descrita en el documento D2 no es comparable con la materia reivindicada.

Adicionalmente, cabe anotar que sin importar si el residuo de alfa-celulosa al cual hace referencia el documento D2 es reciclado o no, toda esa biomasa ha sido evidentemente sometida a una primera etapa de hidrólisis, lo cual se opone nuevamente a la caracterización de la presente invención, la cual establece la ejecución de etapas de mezcla, elución y separación **antes de llevar a cabo el pretratamiento hidrolítico**.

A la luz de lo anterior, solicitamos sea reconocido que las enseñanzas del documento D2 resultan igualmente irrelevantes y no permiten que el versado en la materia cuente con la motivación necesaria y suficiente para desarrollar un proceso como el aquí descrito, y que además, estas no instruyen la manera en la cual podría modificarse el proceso divulgado en cualquiera de los documentos D1 o el mismo D2 para alcanzar la presente invención de manera obvia.

Asimismo, vale la pena destacar que, en conjunto, las enseñanzas del documento D2 orientan a considerar que es necesario ejecutar un pretratamiento exhaustivo de la biomasa antes de separar el hidrolizado de esta, pues esta estrategia permitiría maximizar los rendimientos del proceso, por lo cual consideramos que si el versado en la materia se basara en dicha anterioridad como punto de partida, este desarrollaría procesos distintos a la presente invención que, en todo caso, se opondrían a la caracterización de la invención reclamada en las objetadas reivindicaciones 1 y 21.

Más allá de la clara contradicción existente entre las divulgaciones del arte previo y la presente invención, también nos permitimos señalar que tal y como se expuso anteriormente, el proceso objeto de la presente solicitud ha demostrado **ventajas y beneficios** sin precedentes en el campo técnico que además de ratificar el

cumplimiento del requisito de nivel inventivo, no habrían podido ser previstas o anticipadas partiendo de las enseñanzas del documento D1 y D2.

Dada la anterior circunstancia, solicitamos respetuosamente sea reconocido el total cumplimiento de los requisitos de novedad y nivel inventivo por parte de la presente invención, y que consecuentemente sean retiradas las objeciones que perjudican la patentabilidad, tanto de las reivindicaciones 1 y 21 (nueva reivindicación 12), como de sus respectivas dependientes.

Finalmente, es nuestra intención enfatizar en que las objeciones manifestadas por su Despacho se derivan de un examen en retrospectiva que impide establecer un juicio de valor objetivo sobre la invención, sino que se limita a identificar los diferentes elementos reivindicados en documentos aislados e inconexos.

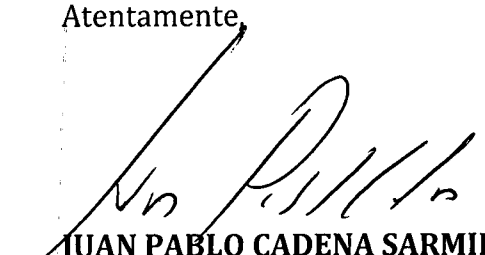
En contraste con dicho enfoque, encontramos que el método problema-solución descrito en el Instructivo de Examen de Solicitudes de Patentes de Invención y Modelo de Utilidad (Numeral 2.13.5.1 del Capítulo II) estipula lo siguiente:

*“Si en el estado de la técnica en su conjunto hay un segundo documento que contiene una enseñanza que **indicaría** (no sólo que podría indicar, sino que indicaría) a la persona medianamente versada en la materia, enfrentada al problema técnico, **cómo modificar o adaptar el estado de la técnica más cercano para resolver el problema**, de la forma reivindicada, sin realizar una actividad inventiva, **la Invención se considera obvia**”*

Teniendo en cuenta que los documentos D1 y D2 carecen abiertamente de alguna indicación o instrucción sobre **cómo** modificar los procesos allí descritos para alcanzar la presente invención –y de hecho, brindan nociones contrarias u opuestas a la caracterización de la misma–, consideramos que la presente invención no es obvia en vista de las anterioridades mencionadas.

En vista de lo anteriormente expuesto, respetuosamente solicitamos el retiro de las objeciones de la presente solicitud y la concesión del privilegio solicitado, ya que en opinión del solicitante cumple con todos los requisitos establecidos en la Decisión 486.

Atentamente,



JUAN PABLO CADENA SARMIENTO

T.P. No. 57.492 del C.S.J.

C.C. 80.410.337 de Usaquén

Calle 70 A No. 4 - 41

METODOS DE TRATAMIENTO DE BIOMASA

CAMPO DE LA INVENCION

El presente documento de patente se refiere a los aparatos y métodos para tratar la biomasa. Más particularmente, el presente documento de patente se refiere a los aparatos y métodos para tratar biomasa que incluye azúcares libres.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Conforme los países alrededor del mundo se vuelven más industrializados y la economía mundial continúa incrementándose en tamaño, la demanda y el peso del petróleo ha continuado elevándose en consecuencia. Esta elevación gradual en la demanda y el precio del petróleo ha sido además aumentada por el no descanso político en la mayoría de los países productores de petróleo y el suministro limitado de petróleo como un recurso.

Además de la escasez y el precio del petróleo, muchos científicos han reconocido el daño potencial a la atmósfera de la tierra que puede ser provocado por el consumo del petróleo como un combustible, debido al carbono adicional que es agregado a la atmósfera como resultado. Conforme la economía mundial continúa creciendo en tamaño, y con el volumen del petróleo consumido, la cantidad de carbono adicional agregado hacia la atmósfera es similarmente incrementada. En consecuencia, una cantidad significativa de investigación y desarrollo se ha dirigido al avance de la energía y las fuentes de combustible, renovables, alternativas.

Una manera reconocida de proporcionar una fuente de energía alternativa, renovable, es mediante extracción de azúcares de la biomasa y convirtiéndolas en un combustible consumible. Durante el proceso de crecimiento, la biomasa elimina dióxido de carbono de la atmósfera, como resultado, el uso de la biomasa como una fuente de combustible es considerado neutro en carbono para el ambiente. Además, la biomasa no sufre el mismo problema de recurso limitado que tiene el petróleo debido a que de manera contraria al petróleo, que se forma profundamente en el subsuelo después de muchos miles de años, la biomasa puede ser rápidamente regenerada en la siguiente estación de crecimiento.

Numerosos procesos han sido desarrollados para facilitar la conversión de la biomasa en una fuente de energía alternativa tal como

biocombustible. Estos procesos sufren de numerosos inconvenientes, incluyendo la formación de subproductos dañinos y la falta de eficacia, que afectan la viabilidad general de la tecnología.

BREVE DESCRIPCION DE LA INVENCION

En vista de lo anterior, un objetivo de acuerdo a un aspecto del presente documento de patente es proporcionar aparatos y procesos mejorados para tratar la biomasa que incluye azúcares libres. Preferentemente, los aparatos y procesos están dirigidos a, o al menos mejoran, uno o más de los problemas descritos anteriormente. Para este fin, se proporciona un proceso para producir biocombustible a partir de biomasa que incluye monosacáridos libres. El proceso comprende los pasos de mezclar la biomasa con un hidrolizado reciclado, por un tiempo suficiente para eluir una porción de los monosacáridos libres desde la biomasa, con lo cual se forma un hidrolizado enriquecido en azúcares. El hidrolizado enriquecido en azúcares es luego separado de la biomasa. Estos monosacáridos recién recuperados en el hidrolizado enriquecido en azúcares, separado, son luego fermentados. Los procesos pueden ser utilizados para producir biocombustible a partir de cualquier biomasa que incluya azúcares libres y en particular, puede ser utilizado para producir etanol a partir de bagazo.

En una modalidad, la biomasa es mezclada con el hidrolizado por un tiempo suficiente para eluir una mayor parte de los monosacáridos libres hacia el hidrolizado reciclado. En otra modalidad más, el mezclado ocurre hasta que 90% o más de los azúcares libres son eluidos hacia el hidrolizado reciclado.

En una modalidad del proceso, un paso adicional de pre-tratamiento de la biomasa para producir el hidrolizado y un residuo de biomasa es producido después del paso de separación. En otra modalidad más del proceso que incluye el paso de pre-tratamiento adicional, es realizado un paso adicional de separación del hidrolizado a partir del residuo de la biomasa. En una modalidad adicional, el hidrolizado proveniente del paso de separación es utilizado como el hidrolizado reciclado en el paso de mezclado para un nuevo lote de biomasa que contiene monosacáridos libres.

En algunas modalidades, los pasos de separación pueden realizarse mediante prensado. El prensado puede ser utilizado para cualquier paso de separación, o ambos pasos de separación.

En al menos una modalidad del proceso, la biomasa es bagazo de caña de azúcar. El bagazo puede ser proporcionado por un molino de azúcar

como el subproducto de la producción de azúcar a partir de la caña de azúcar.

En otra modalidad más, el residuo de biomasa que resulta del paso de pre-tratamiento es convertido a un producto de alto valor.

En otro aspecto más de las modalidades descritas en la presente, es proporcionado un proceso para producir biocombustible a partir de biomasa que incluye azúcares libres. El proceso comprende los pasos de mezclar la biomasa con una solución líquida hasta que un porcentaje sustancial de los azúcares libres en la biomasa son eluidos hacia la solución líquida, en donde la biomasa es mezclada con la solución líquida prior antes del pre-tratamiento de la biomasa. La solución líquida que incluye los azúcares libres es luego separada de la biomasa y luego los azúcares libres en la solución líquida separada son fermentados. En una modalidad del proceso, la solución líquida es el hidrolizado.

En otra modalidad más del proceso, la biomasa es bagazo de caña de azúcar. En ciertas modalidades, el bagazo de caña de azúcar puede ser proporcionado por un molino de azúcar.

En otro aspecto más de las diversas modalidades descritas en la presente, se proporciona un proceso para producir biocombustible a partir de biomasa que incluye azúcares libres. El proceso comprende los pasos de mezclar la biomasa con un hidrolizado previo al pre-tratamiento de la biomasa. Los azúcares libres contenidos dentro de la biomasa son eluidos por el hidrolizado. El hidrolizado que incluye los azúcares libres eluidos es luego separado de la biomasa. Una vez que es separado el hidrolizado que incluye los azúcares libres eludidos, los azúcares libres contenidos dentro el hidrolizado pueden ser fermentados.

En una modalidad adicional, es realizado el paso de pre-tratamiento de la biomasa para producir una mezcla de hidrolizado y el residuo de biomasa. En otra modalidad más, el hidrolizado es separado del residuo de la biomasa y el hidrolizado es reciclado para ser mezclado con un nuevo lote de biomasa.

En otra modalidad más, el paso de fermentación es realizado con microbios inmovilizados.

En otra modalidad más, el residuo de la biomasa es encendido en una cámara de combustión. En ciertas modalidades, la combustión del residuo de la biomasa es utilizada para ayudar a accionar la planta. En algunas modalidades, particularmente modalidades donde el residuo de la biomasa es sometido a combustión, la concentración de los constituyentes que forman la escoria en el

residuo de la biomasa, puede ser sustancialmente reducida.

BREVE DESCRIPCION DE LAS FIGURAS

La Figura 1 ilustra un proceso para crear un biocombustible a partir de biomasa.

La Figura 2 ilustra una modalidad de un proceso para producir un biocombustible a partir de biomasa que incluye azúcares libres.

La Figura 3 ilustra el proceso de la Figura 2 utilizado en conjunto con un proceso para convertir la caña de azúcar en azúcar.

La Figura 4 ilustra una modalidad de un proceso para producir un biocombustible a partir de la biomasa que incluye azúcares libres.

DESCRIPCION DETALLADA DE LA INVENCION

En la siguiente descripción de las modalidades preferidas, se hace referencia a las figuras anexas que forman parte de la misma, y en las cuales son mostradas las modalidades específicas a manera de ilustración. Se debe entender que otras modalidades puedan ser utilizadas y puedan ser realizados cambios estructurales sin apartarse del alcance del presente documento de patente.

Consistente con su significado ordinario como una fuente de energía renovable, el término "biomasa" es utilizado en la presente para referirse a material biológico vivo o recientemente muerto que incluye carbohidratos, proteínas y/o lípidos que pueden ser convertidos a combustible para la producción industrial. A manera de ejemplo no limitante, "biomasa" se refiere a material vegetal, incluyendo, pero no limitado a pasto, caña de azúcar, bagazo de caña de azúcar, remolacha azucarera, paja de maíz, mazorcas de maíz, alfalfa, Miscantus, álamo y álamo temblón, desechos de sólidos biodegradables tales como árboles muertos y ramas, recortes de jardines, papel reciclado, cartón reciclado, y trozos de madera, el material vegetal listado anteriormente o material animal, y otros desechos biodegradables.

Consistente con su significado biológico ordinario, el término biomasa que incluye "azúcares libres" es utilizado en la presente para referirse a un subgrupo de biomasa que incluye monosacáridos tales como pentosas o hexosas que no están enlazadas en las estructuras de celulosa o de hemicelulosa. A manera de ejemplo no limitante, los tipos de biomasa que incluyen "azúcares libres" son: caña de azúcar, bagazo, remolacha azucarera, desechos de procesamiento de frutas, madera y pastos, por nombrar unos pocos. También

incluidos en la definición del término biomasa que incluye "azúcares libres" están las fuentes de biomasa que pueden no tener de manera natural "azúcares libres" pero son pre-procesados, por ejemplo mediante prensado, para liberar los monosacáridos de la celulosa o hemicelulosa en "azúcares libres."

La Figura 1 ilustra un proceso típico 10 para crear biocombustible a partir de la biomasa. En el proceso 10, la biomasa es recibida 12 y luego pre-tratada 16. Antes del pre-tratamiento 16, la biomasa puede ser opcionalmente pre-procesada (no mostrado). Un ejemplo del pre-procesamiento es la reducción del tamaño estructural de la biomasa, tal como por ejemplo madera troceada o desmenuzada en pequeñas piezas para incrementar su susceptibilidad al pre-tratamiento. La biomasa pre-tratada va luego hacia una separación sólida/líquido 18. El líquido extraído de la separación sólido/líquido 18 puede ser luego acondicionado 22 y fermentado y destilado 24 en un biocombustible.

El paso de pre-tratamiento 16 es utilizado para romper la red polimérica de la celulosa, hemicelulosa, y la lignina, formando la estructura de la biomasa de modo que los polisacáridos pueden ser reducidos a monosacáridos. Este proceso es comúnmente denominado como "pre-tratamiento" como se muestra en el paso 16 de la Figura 1. El paso de pre-tratamiento 16 está diseñado para reducir la obstinación de la biomasa a la sacarificación enzimática o química. El pre-tratamiento puede reducir la obstinación de la hemicelulosa y la celulosa en la biomasa a la sacarificación enzimática o química. En otras modalidades, el pre-tratamiento puede reducir la obstinación de la hemicelulosa o la celulosa o ambas en cantidades variantes y diferentes. Además, en algunas modalidades el pre-tratamiento puede seguir y además ser también responsable de la sacarificación de la hemicelulosa y/o la celulosa en sus componentes monosacáridos. Un hidrolizado líquido puede ser producido a partir del bagazo u otra biomasa durante el pre-tratamiento 16 utilizando un número de métodos que incluyen, por ejemplo, en un reactor a presión. La Tabla 1 lista los intervalos apropiados para las temperaturas, el tiempo de residencia, y el contenido de humedad necesarios para la separación y la hidrólisis de la hemicelulosa en un reactor a presión.

Tabla 1. *La temperatura indica la presión de recipiente sellado en un ambiente de vapor saturado

Condiciones de Pre-tratamiento del Reactor a Presión	
Temperatura*	105-200°C
Tiempo de residencia	1 minuto-24 horas
Contenido de Humedad	25-90%

Los reactivos pueden ser utilizados para aumentar la efectividad del paso de pre-tratamiento 16. Las diferentes fuentes de biomasa pueden responder mejor a la adición de diferentes reactivos. Los reactivos pueden incluir, pero no están limitados a: ácido nítrico, ácido fosfórico, ácido clorhídrico, ácido sulfúrico, dióxido de azufre, etanol, hidróxido de sodio y sulfito de sodio. Otros reactivos que reducen la obstinación de la biomasa a la eliminación de la hemicelulosa o la celulosa pueden ser también agregados.

Además de realizar el paso de pre-tratamiento 16 en un reactor a presión, el paso de pre-tratamiento 16 puede ser realizado utilizando un número de otros métodos incluyendo la pre-hidrólisis ácida, cocción a vapor, procesamiento alcalino, hélices giratorias, explosión de vapor, y molienda de bolas. El pre-tratamiento puede no solamente liberar y extraer la hemicelulosa y la celulosa, sino también puede facilitar el rompimiento de la hemicelulosa y la celulosa y solubilizar las pentosas y las hexosas al mismo tiempo para formar un hidrolizado mezclado con un residuo de la biomasa. La hidrólisis de las pentosas y las hexosas elimina la necesidad para agregar grandes cantidades de enzimas para producir azúcares monoméricos en el paso de acondicionamiento 22.

Una vez que la hemicelulosa y la celulosa son liberadas de la biomasa y los monosacáridos son solubilizados, la fermentación 24 puede comenzar. Mientras que la fermentación 24 puede ocurrir dentro de la mezcla del hidrolizado y el residuo de la biomasa, preferentemente el hidrolizado que contiene los azúcares es separado en el paso 18 vía una separación sólida/líquido y/o lavando el hidrolizado a partir del residuo de la biomasa y luego fermentado *ex-situ* en el paso 24. Dependiendo de la biomasa y los tratamientos empleados, el paso de pre-tratamiento e hidrólisis 16 puede producir azúcares solubles a partir de la biomasa en la forma de xilosa, manosa, arabinosa, galactosa, y glucosa listas para la fermentación en el paso 24. Una vez que los azúcares son fermentados en un biocombustible líquido, éstos pueden ser purificados a un combustible anhidro

puro vía procesos convencionales de destilación y deshidratación.

El presente documento de patente enseña un método para incrementar la efectividad del proceso 10 de la Figura 1 para fuentes de biomasa que ya incluyen azúcares libres presentes dentro de ellas antes del pre-tratamiento. Aunque el pre-tratamiento puede ser utilizado para liberar los azúcares libres mantenidos en la celulosa y en la hemicelulosa, el someter los azúcares libres que están presentes en ciertas fuentes de biomasa a pre-tratamiento puede dañar los azúcares libres. El daño a los azúcares libres previene que éstos estén disponibles para el procesamiento posterior en biocombustible en el paso de fermentación y destilación subsecuente 24, con lo cual se reduce la efectividad y la eficacia del proceso 10.

Además de los azúcares libres que no están disponibles para el procesamiento posterior en biocombustible debido a que son dañados durante el pre-tratamiento, la exposición de los azúcares libres al pre-tratamiento puede degradarlos a productos secundarios inhibitorios. El incremento de los productos secundarios inhibitorios en el hidrolizado impide además la habilidad de los microbios para procesar los monosacáridos en el hidrolizado a biocombustible en el paso fermentación y destilación 24.

Los productos secundarios inhibitorios, que son inhibitorios para el paso de fermentación 24, son producidos o extraídos de la biomasa durante el pre-tratamiento. En particular, los azúcares libres pueden ser degradados en productos secundarios inhibitorios durante el paso de pre-tratamiento 16. Las concentraciones de los inhibidores de la fermentación que se forman en la conversión de la biomasa a hexosas y pentosas fermentables, variará dependiendo de la fuente de la biomasa y de los métodos utilizados para el pre-tratamiento e hidrólisis 16. Por ejemplo, el ácido acético es producido mediante la escisión de los grupos acetilo de la hemicelulosa. Los compuestos fenólicos y polifenólicos (colectivamente "Compuestos fenólicos") son también formados a partir de la degradación de la lignina. Además, las pentosas y hexosas libres pueden ser degradadas debido a la deshidratación en furfural e hidroximetilfurfural (HMF). Mientras que los compuestos fenólicos generados, el furfural, el HMF, y el ácido acético son todos compuestos potencialmente valiosos, éstos son también inhibidores de la fermentación, y pueden prevenir o inhibir la fermentación, particularmente conforme sus concentraciones se incrementan.

Además, el furfural y HMF pueden degradarse adicionalmente para

producir ácido levulínico, ácido acético, y ácido fórmico, los cuales son inhibidores de la fermentación aún más potentes. Los compuestos fenólicos y polifenólicos producidos a partir de la hidrólisis de la hemicelulosa de madera y la degradación concomitante de la lignina incluyen guayacol, vainillina, fenol, ácido vainílico, ácido siríngico, ácido salicílico, ácido gentísico, otros. Muchos de otros compuestos, por ejemplo la vainillina y el ácido vainílico, se sabe que inhiben el crecimiento de y/o la fermentación con las levaduras microbianas, tales como *Pachysolen* y *Saccharomyces*.

Para este fin, el presente documento de patente enseña un nuevo y novedoso método para procesar biomasa que incluye azúcares libres (pentosas y hexosas) en biocombustible tal como etanol. La Figura 2 ilustra una modalidad de un método 20 para procesar biomasa que incluye azúcares libres, en biocombustible. En el método 20, después de que la biomasa es recibida 12, ésta es mezclada con el hidrolizado en el paso de mezclado 14. El hidrolizado puede ser hidrolizado reciclado proveniente de un paso de separación sólido/líquido corriente abajo en el proceso o un hidrolizado reciclado proveniente de otra fuente. El hidrolizado y la solución de la biomasa son luego adicionalmente procesados en un paso de separación sólido/líquido 28. En el paso de separación sólido/líquido 28, los azúcares libres y el hidrolizado son separados de la biomasa. Los pasos 14 y 28 ocurren antes del pre-tratamiento 16 y son utilizados para eliminar los azúcares libres de la biomasa antes del pre-tratamiento 16.

La eliminación de los azúcares libres de la biomasa antes del pre-tratamiento 16, permite que los azúcares libres sean procesados en biocombustible en vez de pasar a través del pre-tratamiento y ser degradados debido a la deshidratación en los productos secundarios inhibitorios tales como el furfural y el HMF. En consecuencia, los beneficios del proceso 20 son realizados en un incremento de azúcares disponibles para el procesamiento en biocombustible y en una reducción de los productos secundarios inhibitorios formados durante el pre-tratamiento y presentes en el hidrolizado.

Con referencia a la Figura 2, el paso de mezclado 14 es preferentemente realizado hasta que una mayor parte de los azúcares libres son eluidos de la biomasa hacia el hidrolizado, para formar un hidrolizado enriquecido en azúcar. Más preferentemente un gran porcentaje de los azúcares libres son eluidos y aún más preferentemente el paso de mezclado 14 es realizado por un tiempo suficiente para eluir 90% o más de los azúcares libres hacia el hidrolizado,

para formar un hidrolizado enriquecido en azúcares.

El paso de separación sólido/líquido 28 separa el líquido, el cual incluye el hidrolizado y los azúcares libres eluidos en éste, a partir del material sólido de biomasa. En una modalidad preferida, el paso de separación sólido/líquido 28, separa una mayor parte de los azúcares libres de los sólidos de biomasa. Más preferentemente, el paso de separación sólido/líquido 28 separa 75% o más de los azúcares libres de los sólidos de biomasa. Aún más preferentemente, el paso de separación sólido/líquido 28 separa 85% o más de los azúcares libres de los sólidos de biomasa.

El material sólido de biomasa proveniente del paso de separación sólido/líquido 14 es pre-tratado 16 justo como lo sería en la Figura 1, excepto que ahora han sido removidos una mayor parte de los azúcares libres. Después del paso de pre-tratamiento 16, el material va a través de un paso de separación sólido/líquido 18 adicional. De manera similar al paso de separación sólido/líquido 18 en la Figura 1, el paso sólido/líquido 18 en la Figura 2 separa el hidrolizado formado durante el pre-tratamiento a partir del residuo de la biomasa sólido. En el nuevo método de la Figura 2, el hidrolizado es reciclado nuevamente en el paso de mezclado 14 en vez de ser pasado directamente sobre el acondicionamiento 22 y la fermentación y la destilación 24.

En el proceso de la Figura 2, el acondicionamiento 22 de la solución y la fermentación y la destilación 24 ocurren utilizando el hidrolizado enriquecido en azúcares proveniente del paso de separación sólido/líquido 28. El hidrolizado enriquecido en azúcares, separado del paso de separación sólido/líquido 28 incluye no solamente el hidrolizado del paso de separación sólido/líquido 18, sino que también incluye una cantidad sustancial de los azúcares libres que son eluidos hacia el hidrolizado, cuando se mezcla con la biomasa en el paso de mezclado 14. El proceso 20 de la Figura 2 previene que una porción sustancial de los azúcares libres que son de origen natural en la biomasa 12 entren al paso de pre-tratamiento 16.

El paso de fermentación 24 puede ser realizado por un número de diferentes especies microbianas, incluyendo levaduras y bacterias. La fermentación puede ocurrir en un proceso por lotes o en un proceso continuo, y puede ser colocado en un biorreactor apropiado en consecuencia. Además, las especies microbianas pueden ser libres o inmovilizadas. Los diversos procesos y aparatos para la fermentación y la inmovilización son descritos con detalle en las

Solicitudes de Patente Publicadas de los Estados Unidos No. 2011-0056126 y No. 2011-0059497, las cuales son incorporadas por referencia en su totalidad. Además, numerosos procesos y aparatos para crear un producto celular encapsulado son descritos con detalle en la Solicitud de Patente de los Estados Unidos No. 13/027,267, la cual se incorpora por referencia en la presente en su totalidad.

En al menos una modalidad del proceso 20, el residuo de la biomasa que permanece después de que el hidrolizado es separado en el paso de separación sólido/líquido 18 puede continuar adelante para ser convertido en un producto de alto valor. Por ejemplo, el residuo de lignina y celulosa puede ser elaborado en un combustible de alta densidad energética para el uso en la operación de la planta, o elaborado en un material de alimentación de molino de papel.

Aunque en la modalidad mostrada en la Figura 2, la biomasa que contiene los azúcares libres es mezclada con el hidrolizado en el paso de mezclado 14, otras soluciones líquidas pueden ser utilizadas en vez del hidrolizado. Cualquier solución líquida puede ser utilizada la cual eluirá los azúcares libres en la biomasa. Por ejemplo, en algunos casos puede ser ventajoso reciclar un agua de lavado, un condensado o la solución del proceso específico corriente abajo, como la solución de elución. O en el caso de un molino de azúcar, pueden existir corrientes internas en las operaciones existentes que podrían ser promovidas e integradas. Como se puede observar en la Figura 2, y en la modalidad preferida, el hidrolizado es utilizado en el paso de mezclado 14 debido a que éste es producido por el paso de pre-tratamiento 16 y puede ser reciclado hacia el paso de mezclado 14. El uso del hidrolizado también tiene otros beneficios, incluyendo la disminución de la concentración de los constituyentes formadores de escoria en el residuo de la biomasa como se discutirá más adelante.

Cuando el proceso 20 es primeramente iniciado, el hidrolizado puede no estar disponible para el paso de mezclado 14, debido a que ninguna biomasa ha pasado a través del pre-tratamiento 16 todavía. En consecuencia, en algunas modalidades, el proceso 20 puede necesitar ser auto-impulsado con el hidrolizado proveniente de un proceso previo. En otras modalidades, el proceso 20 puede ser iniciado utilizando una solución líquida alternativa y luego el hidrolizado reciclado es subsecuentemente utilizado una vez que la biomasa comienza a pasar a través

del paso de pre-tratamiento 16. En una modalidad alternativa, un lote pequeño de biomasa es procesado directamente a partir desde el paso de recepción 12 hacia el paso de pre-tratamiento 16 para producir el hidrolizado para reforzar el paso de mezclado 14 y el proceso 20.

Además de ser un proceso diseñado específicamente para crear biocombustible tal como etanol, el proceso 20 ilustrado en la Figura 2 puede ser insertado dentro o anexado a una variedad más amplia de plantas de procesamiento de biomasa, comerciales, existentes, incluyendo, por ejemplo, una planta de procesamiento de caña de azúcar.

La Figura 3 ilustra el proceso de la Figura 2, en conjunto con un proceso productor de azúcar. En el proceso 30 mostrado en la Figura 3, la caña de azúcar es recibida 32 y procesada como sería normalmente por un molino de azúcar para extraer el azúcar libre en el paso de extracción de azúcar 13. Los procesos normales utilizados por los molinos de azúcar para extraer los azúcares libres en la caña de azúcar no extraen el 100% de los azúcares libres de la caña de azúcar. En consecuencia, los azúcares libres todavía permanecen en el subproducto de bagazo que es pasado para el procesamiento posterior en biocombustible. En el proceso 30 de la Figura 3, similar al proceso 20 en la Figura 2 discutido anteriormente, los azúcares libres son eluidos por el hidrolizado en el paso de mezclado 14 y preservados para la fermentación al ser eliminados en el paso de separación sólido/líquido 28, en vez de ser pasados sobre el pre-tratamiento 16 donde éstos probablemente serían degradados en productos secundarios inhibitorios.

En las modalidades mostradas en las Figuras 2 y 3, los pasos de separación sólido/líquido 18 y 28 pueden ser realizados utilizando un número de métodos que incluyen, pero no están limitados a, centrifugación o prensado. El mismo método, o métodos diferentes pueden ser utilizados para el paso de separación sólido/líquido 18 y el paso de separación sólido/líquido 28. Si es utilizado el prensado, preferentemente el prensado puede ser logrado con una prensa de husillo. No obstante, otros numerosos tipos de prensas mecánicas o de máquina pueden ser utilizados. Por ejemplo, una prensa tal como una prensa hidráulica, una prensa hidro-mecánica, una prensa neumática o cualquier otro tipo de prensa que pueda aplicar la presión necesaria para separar el hidrolizado y la solución de azúcar libre del material de biomasa sólido o del residuo de la biomasa puede ser utilizada. La prensa puede tener una gama de capacidades y

configuraciones para exprimir el líquido. Preferentemente, la prensa puede generar desde al menos aproximadamente 10.5 kg/cm^2 hasta aproximadamente 21.1 kg/cm^2 . En otras modalidades, es deseable si la prensa puede generar al menos aproximadamente $1,410 \text{ kg/cm}^2$.

El producto final para que el residuo de la biomasa va a ser eventualmente utilizado, puede determinar qué tamaño y qué tipo de prensa utilizar para el paso de separación sólido/líquido 18. Por ejemplo, si el residuo de la biomasa va a ser eventualmente utilizado para generar fibras de celulosa para elaborar productos de papel, cartón o fibra de cartón, una presión más baja, tal como en el intervalo de 10.5 kg/cm^2 a 21.1 kg/cm^2 puede ser ventajoso para reducir al mínimo el daño a las fibras de celulosa. En el proceso que convierte el residuo de la biomasa en combustible de alta densidad de energía, pueden ser utilizadas presiones más altas para reducir al mínimo el contenido de humedad, sin considerar la calidad de la fibra. Como resultado, puede ser deseable emplear presiones de aproximadamente $1,410 \text{ kg/cm}^2$ o incluso superiores. En otras modalidades, no obstante, presiones dentro del intervalo de 10.5 kg/cm^2 a 21.1 kg/cm^2 pueden todavía ser utilizadas, ya que las prensas que generan estos tipos de presiones son fácilmente disponibles y comparativamente baratas en comparación a las prensas que son capaces de generar aproximadamente $1,410 \text{ kg/cm}^2$ de presión. Por ejemplo, las prensas que generan entre aproximadamente 10.5 kg/cm^2 y 21.1 kg/cm^2 de presión son rutinariamente utilizadas en las industrias del vino y del aceite de oliva para prensar uvas y aceitunas, respectivamente.

Cuando es utilizado el bagazo de caña de azúcar como la biomasa a partir de la cual el hidrolizado es prensado, la condición de las fibras en general no será importante, a no ser que el residuo de la biomasa vaya a ser utilizado como un material de alimentación para un molino de papel. No obstante, cuando el residuo de la biomasa derivado del bagazo es utilizado como un reemplazo de combustible de alta densidad de energía, el contenido de humedad es un factor importante. Por lo tanto, presiones altas en vez de bajas, pueden ser deseables para fines de realizar el paso de separación sólido/líquido 18. Consideraciones similares aplican para el paso de separación sólido/líquido 28.

El prensado también es ventajoso debido a que éste reduce la dilución del agua de lavado antes de la separación sólido/líquido. El agua de lavado puede ser utilizada para ayudar a separar el hidrolizado de la biomasa. No

obstante, el agua de lavado diluirá la corriente de azúcar y de este modo disminuirá la concentración de etanol resultante en el hidrolizado fermentado. Si se utiliza agua de lavado, la dilución de la corriente de azúcar puede ser mitigada por el uso de evaporadores o maquinaria similar para reducir el contenido de agua en el hidrolizado. El agua recuperada de la evaporación puede ser reciclada hacia los procesos de lavado subsiguientes. La adición de la evaporación como un paso de proceso incrementa la concentración de azúcar del hidrolizado y la concentración de etanol resultante de la fermentación, y con esto reduce los costos de destilación.

Una vez que el hidrolizado enriquecido en azúcares que incluye los monosacáridos es separado de la biomasa, existen un número de microbios que pueden ser utilizados para convertir los monosacáridos del hidrolizado, enriquecido en azúcares, en etanol u otros biocombustibles en el paso de fermentación 24. Por ejemplo, si el hidrolizado enriquecido en azúcares comprende un hidrolizado de celulosa, para incluir así la glucosa (que es una hexosa), la glucosa en el hidrolizado puede ser fermentada por un número de cepas de levaduras que incluyen *Saccharomyces cerevisiae* (levadura tradicional de panadero) y *Kluyveromyces marxianus* por nombras unas pocas.

Por otra parte, si el hidrolizado enriquecido en azúcares comprende un hidrolizado de hemicelulosa, el hidrolizado incluirá las pentosas xilosa y arabinosa, y una concentración más baja de hexosas, excepto en el caso del hidrolizado de madera blanda. En el caso de hemicelulosa de madera blanda, la hexosa manosa es el sacárido principal y la pentosa xilosa es la siguiente más abundante. Los microbios que pueden convertir la combinación de pentosas y hexosas encontradas en el hidrolizado de hemicelulosa en biocombustibles, tales como etanol, no son tan abundantes como aquellos disponibles para el hidrolizado de celulosa. Para convertir los azúcares del hidrolizado de hemicelulosa en etanol, los microbios que pueden fermentar los azúcares de cinco átomos de carbono y de seis átomos de carbono, son preferentemente utilizados, de modo que todos los azúcares constituyentes disponibles del hidrolizado de hemicelulosa pueden ser convertidos a etanol u otros biocombustibles. Lo mismo es cierto si el hidrolizado enriquecido en azúcares comprende una combinación de hidrolizado de celulosa e hidrolizado de hemicelulosa. Los microbios que pueden fermentar las hexosas y las pentosas pueden ser derivados de los géneros *Pachysolen*, *Kluyveromyces*, *Pichia*, y *Candida*. *Pachysolen tannophilus* es preferentemente

utilizado en la fermentación de un hidrolizado líquido que comprende un hidrolizado de hemicelulosa. En particular, cuando es inmovilizado, se ha encontrado que *Pachysolen tannophilus* fermenta efectivamente el hidrolizado de hemicelulosa producido a partir de la madera blanda.

Además de las levaduras inmovilizadas, pueden ser utilizadas también bacterias inmovilizadas para fermentar los azúcares hexosas y pentosas en el hidrolizado enriquecido en azúcares. Por ejemplo, la bacteria recombinante *Zymomonas mobilis* (NREL recombinante 8b) puede ser utilizada para fermentar el hidrolizado de hemicelulosa producido a partir de fuentes de madera blanda, madera dura, y/o fuentes herbáceas.

Los microbios con propiedades metabólicas complementarias pueden ser también combinados en el mismo proceso de fermentación en el paso 24 para permitir que sus propiedades y habilidades complementarias, tales como las capacidades de fermentación complementarias de hexosa y pentosa o las velocidades metabólicas complementarias, sean utilizadas conjuntamente. Por ejemplo, debido a que *Zymomonas* recombinantes son incapaces de fermentar la manosa, la mayor parte del azúcar prevalente contenida en el hidrolizado de madera blanda, *Zymomonas mobilis* recombinante es preferentemente reunida con una levadura complementaria o bacteria complementaria que es capaz de fermentar efectivamente la hexosa manosa a etanol u otro biocombustible, cuando se utiliza para fermentar el hidrolizado de madera blanda. Por otra parte, en el caso del bagazo de caña de azúcar, donde el hidrolizado comprende principalmente xilosa y glucosa, otro microbio no es requerido para ayudar a las *Zymomonas* recombinantes a lograr una fermentación satisfactoria de los azúcares contenidos.

Otras combinaciones de microbios son también posibles, incluyendo la reunión de diferentes bacterias entre sí, la reunión de diferentes levaduras entre sí, la reunión de diversas levaduras y bacterias entre sí, o la reunión o combinación de cualquier número de microbios con características complementarias que incluyen el uso de cualquier número de microbios al mismo tiempo. Conforme se incrementa el número de los microbios combinados, no obstante, sus capacidades pueden comenzar a traslaparse significativamente, y con esto reducir el valor aditivo de los microbios adicionales.

Aunque se previene que una porción de los azúcares libres en la biomasa sean degradados en el paso de pre-tratamiento 16 al ser retirados en

paso de separación sólido/líquido 18, algunos productos secundarios creados a partir de la degradación del pre-tratamiento 16 pueden todavía existir. Además de los productos secundarios creados a partir de la degradación, otras moléculas pueden ser extraídas de la biomasa por las condiciones de pre-tratamiento y/o sacarificación durante el pre-tratamiento y el paso de hidrólisis 16. Estos compuestos extraídos pueden incluir terpenos, esteroides, ácidos grasos y ácidos de resina. Estos compuestos extraídos pueden también ser inhibitorios para los procesos metabólicos, incluyendo la fermentación, en levaduras y otros microbios, tales como bacterias.

Además, pueden ser encontrados cationes metálicos que incluyen calcio, aluminio, potasio y sodio en el hidrolizado, y pueden estar presentes metales pesados provenientes de la degradación de los recipientes metálicos debido a la hidrólisis. La presencia de tales cationes metálicos puede también ser inhibitoria por arriba de ciertas concentraciones.

En una modalidad del método como se muestra en la Figura 3, el residuo de biomasa (indicado como sólidos en la Figura 3) que es el producto del paso de separación sólido/líquido 18, puede ser encendido como combustible para la planta de molino de azúcar en un paso de combustión opcional 23. Un beneficio adicional de los procesos del presente documento de patente es que los pasos de lavado y prensado adicionales pueden además eliminar cationes solubles y elementos inorgánicos del residuo de biomasa antes de la combustión 23. Además, el uso del hidrolizado en la elución puede mejorar la elución de los cationes solubles sobre el uso solo de agua, debido a que en una solución ácida la solubilidad de los cationes se incrementa.

La eliminación de los cationes y los elementos inorgánicos del residuo de biomasa es importante debido a que tal residuo de biomasa es a menudo quemado como combustible en las cámaras de combustión. Durante la combustión, los cationes y los elementos inorgánicos son liberados de la biomasa y se depositan sobre las superficies de la unidad de combustión. Esto es llamado incrustación. La formación de escoria se refiere a la fusión de estos depósitos, formando una capa vítrea. La interacción de los depósitos con las superficies metálicas puede acelerar la corrosión, lo cual gradualmente destruye la superficie del metal, conduciendo a requerimientos de mantenimiento incrementados y a vida de servicio reducida de la instalación.

Los métodos actuales de enfrentar la formación de escoria a menudo

involucran la adición de aditivos minerales, principalmente aditivos basados en piedra caliza/dolomita y/o aditivos basados en arcilla o caolinita, para combatir los problemas operacionales relacionados a la ceniza, tales como la incrustación, la formación de escoria y la corrosión. Sin embargo, los métodos y procesos de la presente invención pueden reducir la incrustación, la formación de escoria y la corrosión resultante por la eliminación de algunos de los cationes solubles y los elementos inorgánicos que provocan la incrustación, la formación de escoria y la corrosión antes de la combustión 23.

Como se puede observar por la comparación de la Figura 2 y la Figura 3 a la Figura 1, la Figura 2 y la Figura 3 contienen un paso de mezclado adicional 14 y un paso de separación sólido/líquido adicional 28 antes del pre-tratamiento 16. La adición del paso de mezclado 14 y el paso de separación sólido/líquido 28 reducirán los cationes solubles en el residuo de biomasa antes de la combustión 24, de manera similar a la forma en que los pasos adicionales reducen los azúcares libres. En consecuencia, si los sólidos provenientes del paso de separación sólido/líquido 28 son quemados como combustible, estos pueden mostrar menos incrustación, formación de escoria y corrosión de la cámara de combustión.

Si los pasos de separación sólido/líquido son realizados mediante prensado, un gran porcentaje de la humedad puede ser eliminado del residuo de biomasa. Entre más humedad sea eliminada del residuo de biomasa, mayor es la reducción en la concentración de los constituyentes formadores de escoria, presentes en el residuo de biomasa. Mediante el mezclado y prensado repetitivos, la concentración de los constituyentes formadores de escoria puede ser adicionalmente reducida. Esto es debido a que cuando la biomasa es lavada o mezclada con el hidrolizado u otras soluciones, los constituyentes formadores de escoria pueden ser eluidos hacia la solución similar a los azúcares libres. Esto permite los pasos de separación subsecuentes, preferentemente realizados mediante prensado, para reducir la concentración de los constituyentes formadores de escoria. Los pasos de mezclado y prensado adicionales diferentes de aquellos mostrados en las modalidades de las Figuras, pueden ser utilizados. Además, la cantidad de cationes solubles u otro material inorgánico que serán eliminados del residuo de biomasa, serán sustancialmente incrementados si el paso de separación sólido líquido es realizado utilizando una prensa para reducir el contenido de humedad de la biomasa, preferentemente hasta 50 % o menos en

peso, más preferentemente por debajo de 30 % o menos.

En una modalidad del método, una cantidad sustancial de los cationes solubles que provocan la incrustación son eliminados del residuo de biomasa. En una modalidad preferida, una mayor parte de los cationes solubles que provocan la incrustación son eliminados del residuo de biomasa (sólidos) antes de la combustión 23. En otras modalidades, la concentración de los constituyentes formadores de escoria del residuo de biomasa, incluyendo los cationes solubles, es sustancialmente reducida antes de la combustión. A manera de ejemplo no limitante, los constituyentes formadores de escoria pueden incluir, pero no están limitados a cationes de silicio (Si), Potasio (K), Calcio (Ca), Magnesio (Mg), y otros elementos inorgánicos encontrados en la biomasa.

Con el fin de enfrentar el potencial para los altos niveles de productos secundarios inhibitorios frecuentemente encontrados en el hidrolizado de biomasa – por ejemplo, los niveles que podrían inhibir los microbios de fermentación en su estado libre – durante el paso de fermentación 24, los microbios de fermentación pueden ser inmovilizados, y más preferentemente inmovilizados en alginato de calcio. La inmovilización confiere una resistencia incrementada de los microbios a los inhibidores y por lo tanto, incrementa la eficiencia de fermentación. Por ejemplo, la inmovilización en alginato de calcio reduce en gran medida la susceptibilidad de la levadura *Pachysolen tannophilus* a los inhibidores contenidos en el hidrolizado de madera blanda. Preferentemente, el alginato de calcio, u otro material utilizado para inmovilizar los microbios, está en una forma con un área superficial alta tal como en una forma de esfera, esponja o malla.

Mediante la inmovilización del o de los microbios fermentativos durante el paso de fermentación 24, la necesidad para el acondicionamiento 22 del hidrolizado de biomasa para reducir la concentración de, o posiblemente incluso eliminar completamente, los productos secundarios inhibitorios, se mejora de manera significativa. Esto es debido a que es eliminada la necesidad para disminuir la concentración de los productos secundarios inhibitorios a los niveles necesarios para la fermentación utilizando microbios libres. De este modo, como se refleja en las Figuras 2 y 3, el paso de acondicionamiento 22 para reducir la concentración de los inhibidores es un paso opcional.

El acondicionamiento del hidrolizado de biomasa en el paso de acondicionamiento 22 para reducir la concentración de los productos secundarios

inhibitorios, puede todavía ser deseable donde, por ejemplo, la concentración de los productos secundarios (ya sea individualmente o en combinación) es suficientemente alta para interferir con la fermentación de los azúcares incluso por el o los microbios inmovilizados. En tales casos, no obstante, la concentración de los productos secundarios inhibitorios en general no necesitará ser reducida a los mismos niveles como son necesarios para la fermentación utilizando microbios libres, y de este modo puede ser empleado un proceso menos severo y menos costoso de acondicionamiento. Para desplazar los costos asociados con el proceso de fermentación general, puede ser también deseable recuperar los productos secundarios que tienen un alto valor, a través de un paso de recuperación de producto secundario, de alto valor, opcional.

En algunos casos, puede ser también deseable realizar el paso de acondicionamiento 22 incluso cuando la concentración de los productos secundarios inhibitorios es insuficiente para inhibir la fermentación por el o los microbios utilizados donde, por ejemplo, los productos secundarios tienen alto valor y de este modo es deseable recuperar separadamente los productos secundarios de alto valor. Esto puede ser deseable, por ejemplo, donde el valor neto de los productos secundarios de alto valor, recuperados puede ser utilizado para desplazar, y por lo tanto disminuir, los costos asociados con el proceso de fermentación general. El paso de acondicionamiento 22 puede ser también utilizado para elevar los niveles de azúcar antes de la fermentación por la eliminación del agua del hidrolizado.

Existen numerosos métodos de realización del paso de acondicionamiento 22 para reducir las concentraciones de los productos secundarios inhibitorios. El empleo de diferentes métodos de acondicionamiento para el paso de acondicionamiento 22 dará como resultado diferentes niveles de concentración de los productos secundarios inhibitorios que permanecen en el hidrolizado. El método de acondicionamiento elegido para el paso de acondicionamiento 22 puede depender de una variedad de factores, incluyendo la sensibilidad del microbio utilizado durante la fermentación hacia los productos secundarios inhibitorios, los costos, y si existe o no un deseo para recuperar los productos secundarios de alto valor. Entre más sensible sea el microbio, más deseable será reducir la concentración de los productos inhibitorios a partir del hidrolizado de biomasa durante el acondicionamiento del hidrolizado en el paso 22. La movilización del o de los microbios fermentativos, no obstante, disminuirá la

sensibilidad del microbio a los productos secundarios inhibitorios y de este modo puede reducir la complejidad y los costos incurridos durante el paso de acondicionamiento 22. Algunos de los métodos de acondicionamiento que pueden ser empleados en el paso de acondicionamiento 22 para reducir la concentración de los productos secundarios incluyen, pero no están limitados a: 1) el sobreencalado del hidrolizado; 2) tratamiento con carbón activado (AC, por sus siglas en inglés) seguido por el ajuste del pH; 3) intercambio iónico seguido por sobreencalado; 4) tratamiento con AC, seguido por intercambio iónico; y 5) tratamiento con AC seguido por filtración en membrana.

Durante el proceso de acondicionamiento 22, los productos secundarios inhibitorios que tienen valor cuando son aislados, pueden ser recuperados. El hidrolizado proveniente de la separación sólido/líquido 18 contiene un número de productos secundarios de alto valor incluyendo, pero no limitados a ácido mineral utilizado en el proceso de pre-tratamiento 16 tal como ácido sulfúrico, ácido acético hidrolizado a partir de los polímeros de hemicelulosa, moléculas antioxidantes (compuestos fenólicos y polifenólicos) liberados de la hidrólisis parcial de la lignina, otros ácidos orgánicos, productos nutracéuticos, cosmeceúticos o farmacéuticos, y diferentes furanos y derivados de furano, tales como el 5-hidroximetilfurfural y furfural. La recuperación del producto secundario de alto valor puede ser lograda mediante la adsorción a diferentes matrices, incluyendo carbón activado, resina de intercambio iónico, membrana de intercambio iónico, resinas de "depuración" de molécula orgánica, esferas de poliestireno u otro medio tal con una alta área superficial. La recuperación del producto secundario de alto valor puede también ser lograda mediante la separación de éstos a partir de las pentosas y hexosas solubles, a través de cromatografía de exclusión iónica, cromatografía de lecho pseudo-móvil, cromatografía líquida de alta resolución o mediante métodos de filtración incluyendo micro-, nano- y ultrafiltración utilizando tecnologías de fibra hueca o de otras membranas. La recuperación del producto secundario de alto valor puede incluir varios de los procesos anteriormente mencionados, en serie, para recuperar diferentes especies moleculares. Además, los procesos de recuperación pueden ser diseñados a la medida para recuperar productos secundarios específicos de acuerdo a la naturaleza de la biomasa inicial. La recuperación de los productos secundarios de alto valor también proporciona un beneficio al proceso de fermentación 24, ya que muchos de los productos secundarios recuperados (ácido

acético, furanos y sus derivados, compuestos fenólicos y polifenólicos, ácido levulínico, ácido fórmico y otros) son inhibitorios para las levaduras y para la fermentación bacteriana de los azúcares a etanol. De este modo, la recuperación de los productos secundarios de alto valor incrementa la economía del proceso completo y permite una fermentación más eficiente 24 de las pentosas y las hexosas.

La recuperación opcional de los productos de alto valor a partir del hidrolizado, puede ocurrir a diferentes tiempos durante los procesos ejemplificados en la Figura 2 y en la Figura 3. Por ejemplo, los productos de alto valor pueden ser recuperados a cualquier tiempo después del paso de pre-tratamiento 16. Además, debido a que el hidrolizado reciclado nuevamente al paso de mezclado 14, la recuperación de los productos de alto valor puede ocurrir después el paso de separación sólido/líquido 28 antes de la fermentación paso de separación sólido/líquido 28 antes de la fermentación y la destilación.

Incluso después de la recuperación parcial de muchos productos de alto valor, las concentraciones de estos productos pueden permanecer elevadas, y considerando la naturaleza sinérgica de los inhibidores, son suficientes para interferir con la fermentación 24 de los azúcares a etanol. Con el fin de fermentar de manera más eficiente las hexosas y las pentosas que han sido separadas del residuo de biomasa y los productos de alto valor, los microbios de fermentación pueden ser inmovilizados. La inmovilización confiere una resistencia incrementada de los microbios a los inhibidores y por lo tanto, incrementa la eficiencia de fermentación. Por ejemplo, la inmovilización en un alginato de calcio reduce en gran medida la susceptibilidad de los microbios, tales como la levadura *Pachysolen tannophilus*, a los inhibidores contenidos en el hidrolizado de madera blanda. Preferentemente, el alginato de calcio, u otro material utilizado para inmovilizar los microbios, está en una forma con una gran área superficial tal como una forma de esfera, esponja o malla.

Una variedad de diseños de biorreactores, incluyendo un fermentador no agitado tradicional o un fermentador agitado, pueden ser utilizados para la fermentación del hidrolizado de biomasa utilizando microbios libres o inmovilizados. El reactor puede ser un reactor sumergido u otro tipo de reactor líquido. Con el fin de proporcionar el más alto rendimiento, un reactor sumergido es preferible para fermentar los azúcares de cinco átomos de carbono.

En el caso de los microbios que son inmovilizados, un reactor de

lecho empaquetado podría ser utilizado, o un sistema de tanques similar a aquel empleado para los procesos de carbono en pulpa en la industria de minería de oro, podrían ser utilizados. En el último, las esferas podrían ser inmovilizadas a contracorriente al flujo de la solución y podrían ser fácilmente recuperados para la regeneración. Los reactores de película delgada pueden también funcionar bien con los microbios inmovilizados.

Además, los contactores sólido/líquido pueden ser utilizados con microbios inmovilizados. Estos tipos de reactores incluyen columnas de intercambio iónico, reactores de lecho empaquetado, reactores de flujo lento y contactores giratorios. Otros reactores que puedan ser utilizados son los reactores tipo lecho fluidizado o de flujo ascendente.

La Figura 4 muestra una modalidad de un proceso 40 para producir biocombustible a partir de biomasa que incluye azúcares libres. El proceso 40 es similar al proceso 20 mostrado en la Figura 2, excepto que han sido agregados los pasos de proceso adicionales 42, 44, 46 y 48 y un segundo hidrolizado es reciclado.

En el proceso 40 mostrado en la Figura 4, los sólidos de biomasa que resultan del paso de separación sólido/líquido 28 entran a un paso de mezclado adicional 42 y el paso de separación sólido/líquido 44 adicional, subsecuente, antes de entrar al proceso de pre-tratamiento 16. El paso de mezclado adicional 42 y el paso de separación sólido/líquido 44 ayudan a remover aun más los azúcares libres presentes en la biomasa antes de entrar al proceso de pre-tratamiento 16.

Como se puede observar en la Figura 4, en algunas modalidades la solución acuosa utilizada para el paso de mezclado adicional 42 puede ser reciclada desde el paso de separación sólido/líquido 48. Antes del paso de separación sólido/líquido 48, un paso de lavado adicional 46 es utilizado para combinar los sólidos del residuo de biomasa provenientes del paso de separación sólido/líquido 18 con una solución acuosa para eluir adicionalmente cualesquiera monosacáridos que fueron producidos durante el pre-tratamiento y/o hidrólisis 16. La mezcla producida durante el paso de lavado 46 incluye un hidrolizado diluido. La mezcla producida durante el paso de lavado 46 va luego a través de un paso de separación sólido/líquido 48 adicional. Un hidrolizado diluido es separado de los sólidos del residuo de biomasa. El hidrolizado diluido contiene monosacáridos remanentes adicionales. El hidrolizado diluido es reciclado como el solvente

líquido para el paso de mezclado 42.

Aunque las modalidades mostradas en las Figuras 2 y 3 muestran un paso de separación sólido/líquido simple antes y después el pre-tratamiento, y la Figura 4 ilustra una modalidad con dos (2) pasos de separación sólido/líquido antes y después del pre-tratamiento 16, otras modalidades pueden tener cualquier número de pasos de separación sólido/líquido y/o soluciones recicladas.

Una modalidad ejemplar del proceso mostrado en la Figura 4 será descrita ahora con respecto a un molino de azúcar. En el ejemplo, serán discutidos numerosos porcentajes, proporciones y cantidades. No se entiende que estos valores sean absolutos sino únicamente representativos de una modalidad ejemplar. Otros porcentajes, proporciones y cantidades pueden ocurrir en otras modalidades.

Por ejemplo, la modalidad ejemplar describe un molino de azúcar que produce azúcar y etanol. En la modalidad ejemplar, la caña de azúcar entra al molino de azúcar con aproximadamente 15 % de sacarosa (azúcar libre) en peso. Un molino de azúcar típicamente extraerá alrededor de 14 % del 15 % de la sacarosa en jarabes de azúcar de diversas concentraciones y el balance del 1 % permanece con el bagazo. Muchos molinos de azúcar modernos que también producen etanol dividen los jarabes de azúcar igualmente para la producción de azúcar y etanol. El presente documento de patente enseña los métodos y aparatos para extraer también una cantidad sustancial del balance del 1 % que permanece con el bagazo para el procesamiento posterior en etanol.

Mientras que los molinos modernos de azúcar/etanol frecuentemente dividen los jarabes de azúcar igualmente para la producción de azúcar y etanol, la proporción de la azúcar libre utilizado para elaborar el azúcar consumible versus el porcentaje de la azúcar libre que es utilizado para la producción de etanol puede ser diferente de 1:1 en las modalidades del presente documento de patente. Por ejemplo, la proporción puede ser 3:1 o 1:2 o incluso 1:3 o 1:2 o cualquier otra proporción. En particular, el molino de azúcar puede cambiar la proporción del azúcar libre utilizado para crear azúcar consumible y etanol, con base en la demanda del mercado. Por ejemplo, conforme el precio del etanol se eleva y el precio del azúcar baja, la planta puede cambiar la proporción más hacia el etanol. Como otro ejemplo más, el molino de azúcar puede comenzar a tener inventario en exceso ya sea de azúcar o de etanol y desear cambiar la proporción hacia el otro producto, para permitir que el inventario sobre-almacenado sea disminuido.

De manera similar a la proporción de azúcar utilizado para la producción de azúcar y etanol, las proporciones dadas más adelante en esta modalidad ejemplar son dadas con respecto a la modalidad ejemplar descrita y otras proporciones, porcentajes y valores pueden ser utilizados en otras modalidades.

Mil (100) kilogramos (una (1) tonelada) de caña de azúcar húmeda fresca (Marca A en la Tabla 1) entra a un molino de azúcar. Esta puede estar en cualquier proporción de sólido a líquido, sin embargo, para este ejemplo, la caña de azúcar húmeda es aproximadamente 88 % líquido y 12 % sólidos. La caña de azúcar húmeda contiene aproximadamente 15 % de sacarosa (15 % de azúcares libres) cuando entra al molino de azúcar. La caña de azúcar es procesada por el molino de azúcar en una solución de azúcar recuperada y bagazo residual (Marcados B y C respectivamente en la Tabla 1). En esta modalidad ejemplar, la caña de azúcar es procesada por el molino de azúcar y 14 % de los azúcares libres son removidos para el procesamiento en azúcar/etanol y el bagazo es enviado para la extracción adicional de azúcar para el procesamiento en etanol. Como se explicó anteriormente, estas proporciones pueden ser variadas a propósito o debido a otros factores. Sin embargo, 14 % del retiro de azúcar libre con un 1 % de azúcar remanente en el bagazo, es un valor típico para los molinos de azúcar que no están procesando la caña de azúcar con ningún tratamiento especial que intentar y extraer los azúcares libres adicionales.

Durante el procesamiento de la caña de azúcar por el molino de azúcar, lo cual puede ser realizado mediante prensado u otros medios, una cantidad sustancial de la humedad es removida y una tonelada de azúcar de caña húmeda es reducida aproximadamente a 240 kg. (0.24) toneladas de bagazo con un contenido de humedad de 50 % (120 kg. (0.12 toneladas) de sólido y 120 kg(0.12 toneladas) de líquido). Debido a que una cantidad sustancial de la masa de la caña de azúcar es extraída con el retiro del 14 % de azúcar libre, el contenido de azúcar total del bagazo remanente es de aproximadamente 4.2 %. La Tabla 1 describe las proporciones y los porcentajes.

5

Tabla 1.							
		Conteni- do de sacarosa (azúcar libre) % de100Kg (1 Tonelada)	Conteni- do de Humedad	Conteni- do de Sólidos	Sacarosa (azúcares libres) por kilogramo (kg)(tonela da (t))	Azúcare s (gramos /Litro)	Masa Total en kilogramo (kg)(Tonelada (t))
A	Caña de azúcar húmeda	15 %	88 %	12 %	150(0.15)	170.5	1000(1.0)
B	Azúcar Recuperada	14 %	100 %	0 %	140(0.14)	184.2	760(0.76)
C	Bagazo	1 %	50 %	50 %	1(0.001)	83.3	240(.24)

El bagazo (C), el cual contiene 0.01 toneladas u 83.3 gramos/litro (g/l) de azúcares libres en esta etapa, entra al proceso de mezclado 14 donde es mezclado con una solución acuosa tal como el hidrolizado proveniente de un paso de separación sólido/líquido 18 (Marcado D en la Tabla 2). En esta modalidad ejemplar, la localización del paso de separación sólido/líquido 18 de donde es reciclada la solución acuosa, es después del proceso del pre-tratamiento 16. Debido a que la solución acuosa es reciclada después del proceso de pre-tratamiento 16, la solución acuosa puede ser un hidrolizado. En esta modalidad ejemplar, para fines de ilustración de una modalidad del proceso, aproximadamente 320 kg (0.32 toneladas) de hidrolizado son reciclados al paso de mezclado 14. 320 kg (0.32 Toneladas) del hidrolizado contiene 16 kg (0.016 toneladas) de azúcar (azúcares libres) a aproximadamente 50 g/l.

En una modalidad preferida, el bagazo (C) y el hidrolizado (D) son mezclados por un tiempo suficiente para permitir que una mayor parte de los azúcares libres en el bagazo sean eluidos en el hidrolizado. Una vez que el hidrolizado (D) es mezclado con el bagazo entrante (C) por un tiempo suficiente, una solución de bagazo (C+D) es pasada al paso de separación sólido/líquido 28. Aunque para esta modalidad ejemplar (C+D) da como resultado una solución de bagazo que es aproximadamente 79 % de líquido, son posibles otras proporciones de sólido a líquido. En una modalidad preferida, la proporción sólido a líquido de la solución de bagazo (C+D) tiene un intervalo de 60 a 85 % de líquido.

El paso de separación sólido/líquido 28 separa la solución de bagazo (C+D) en un prensado líquido (Marcado E en la Tabla 2) que incluye hidrolizado

enriquecido en azúcar, y un bagazo prensado (F). Para fines de esta modalidad ejemplar, el paso de separación sólido/líquido reduce el contenido de líquido del bagazo prensado (F) a 30 % de líquido y 70 % de sólido. En otras modalidades, el paso de prensado 28 puede dar como resultado más o menos líquido que es separado del bagazo sólido resultante en una diferente proporción de sólido a líquido para el bagazo prensado (F). Por ejemplo, el paso de prensado 28 puede extraer más líquido y el bagazo prensado resultante (F) puede ser 25 % de líquido y 75 % de sólidos. Otras proporciones sólido a líquido del bagazo prensado (F) pueden existir en otras modalidades, incluyendo 50 % o 55 % de líquido y 50 % o 45 % de sólidos, respectivamente. Entre más líquido se separe del bagazo sólido más azúcares libres pueden ser extraídos. Para esta modalidad, las propiedades del prensado (E) y del bagazo prensado (F) después del paso de separación sólido/líquido 28 se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2.						
		Contenido de Humedad	Contenido de Sólido	Sacarosa (azúcares libres) en kilogramos (kg) (Tonelada (t))	Azúcares (gramo/ Litro)	Masa Total en kilogramo (kg)(Tonelada (t))
D	Hidrolizado 1	100 %	0 %	16(0.016)	50.0	320(0.32)
C+D	Solución de Bagazo que entra al paso de separación S/L 28.	79 %	21 %	26(0.026)	59.1	560(0.56)
E	Prensado después del paso de separación S/L 28	100 %	0 %	23(0.023)	59.1	389(0.389)
F	Sólido después del paso de separación S/L 28	30 %	70 %	3(0.003)	59.1	171(0.171)

El bagazo prensado (F) es enseguida pasada a un segundo paso de mezclado 42 donde ésta es mezclada con una segunda solución acuosa (Marcada G en la Tabla 3). Similar al paso de mezclado 14, la solución acuosa G puede ser hidrolizado o un hidrolizado diluido proveniente del paso del proceso después el paso de pre-tratamiento 16 tal como el reciclado del hidrolizado diluido proveniente del paso de separación sólido/líquido 48. La combinación del bagazo prensado (F) y el hidrolizado diluido (G) es luego pasada a otro paso de separación

sólido/líquido 44 donde se separa en un prensado (H) (el cual incluye el hidrolizado enriquecido con azúcar) que contiene 4 kg (0.004 toneladas) de azúcar libre y un bagazo prensado (J) con 1 kg (0.001 toneladas) de azúcares libres.

Tabla 3.						
		Contenido de Humedad	Contenido de Sólido	Sacarosa (azúcares libres) en kilogramos (kg) (Tonelada (t))	Azúcares (gramo/ Litro)	Masa Total en kilogramos (kg) (Tonelada (t))
G	Hidrolizado 2	100 %	0 %	20(0.02)	4.4	400(0.4)
F+G	Solución de Bagazo que entra al paso de separación S/L 44.	79 %	21 %	20(0.005)	10.6	571(0.571)
H	Prensado después del paso de separación S/L 44.	100 %	0 %	4(0.004)	10.6	400(0.4)
J	Sólido después del paso de separación S/L 44.	30 %	70 %	1(0.001)	10.6	171(0.171)

En este punto más del 90 % de los azúcares libres que estaban en el bagazo original (C) que entró en el proceso 40 han sido extraídos. El bagazo prensado (J) contiene únicamente 0.001 tonelada de azúcares libres. En consecuencia, el bagazo (J) puede ser posteriormente procesado en el paso de pre-tratamiento 16 para liberar algunos de los azúcares enlazados en la celulosa y hemicelulosa para la extracción posterior. Dependiendo del proceso de pre-tratamiento utilizado, el agua, vapor y/o ácido pueden ser todos agregados al bagazo prensado (J) durante el proceso de pre-tratamiento 16. El resultado del proceso de pre-tratamiento 16 es una solución de hidrolizado (K) que incluye un residuo de biomasa (L). Las propiedades de la solución de hidrolizado resultante (K) son mostradas en la Tabla 4. Como se puede observar en la Tabla 4, 180kg(0.18 toneladas) de azúcar (K-J) es extraído durante el proceso de pre-tratamiento 16 a partir de 171 kg(0.171 toneladas) de bagazo prensado (120 kg (0.12 toneladas) de bagazo sólido y 51 kg (0.051 toneladas) de líquido).

La solución de hidrolizado (K) es luego llevada a través de un paso de separación sólido/líquido 18. El paso de separación sólido/líquido 18 separa la solución de hidrolizado (K) en un hidrolizado (D), el cual es reciclado como se

explicó anteriormente, y el residuo de biomasa L. El hidrolizado (D) proveniente del paso de separación sólido/líquido 18 es reciclado nuevamente hacia el paso de mezclado 14. El residuo de biomasa (L) continúa hacia el paso de lavado 46.

Tabla 4.						
		Contenido de Humedad	Contenido de Sólido	Sacarosa (azúcares libres) en kilogramos (kg) (Tonelada (t))	Azúcares (gramo/ Litro)	Masa Total en kilogramos (kg) (Tonelada (t))
G	Hidrolizado	80 %	20 %	19(0.019)	50.0	450(0.45)
F+G	Residuo de Biomasa después del paso de separación sólido/líquido 18	30 %	70 %	2(0.002)	50.0	130(0.13)

En el paso 46, el residuo de biomasa puede ser lavado con una solución acuosa. La solución acuosa puede ser cualquier combinación de reactivos diseñados para ayudar a extraer los azúcares remanentes. En esta modalidad ejemplar, la solución acuosa es 400 kg (0.4 toneladas) de agua (M).

Tabla 5.						
		Contenido de Humedad	Contenido de Sólido	Sacarosa (azúcares libres) en kilogramos (kg) (Tonelada (t))	Azúcares (gramo/ Litro)	Masa Total en kilogramos (kg) (Tonelada (t))
G	Solución Acuosa	100 %	0 %	0(0.000)	0.0	400(0.4)
L+M	Solución de residuo de biomasa que entra al paso de separación S/L 48.	83 %	17 %	2(0.002)	4.4	530(0.53)
N	Sólido después del paso de separación S/L 48.	30 %	70 %	0(0.000)	4.4	130(0.13)

La solución de residuo de biomasa (L+M) que es formada después de que la solución acuosa (M) es agregada al residuo de biomasa (L), es luego pasada a un paso de separación sólido/líquido 48. El paso de separación sólido/líquido 28, separa la solución de residuo de biomasa (L+M) en un

hidrolizado diluido (G) y un residuo de biomasa lavado (N) como se puede observar a partir de la Tabla 5, el residuo de biomasa lavado (N) virtualmente no tiene azúcares libres remanentes. El residuo de biomasa lavado (N) puede ser desechado, utilizado como combustible para la planta, o convertido en algún otro producto de alto valor. El hidrolizado diluido (G) es reciclado nuevamente al paso de mezclado 42.

La discusión anterior rastreó la trayectoria de los sólidos (pasos de proceso 12, 14, 28, 42, 44, 16, 18, 46, 48) a través de una modalidad ejemplar del proceso 40. Sin embargo, el líquido (prensado E y H también conocido como hidrolizado enriquecido en azúcar e hidrolizado diluido enriquecido en azúcar) de los pasos de separación solido/líquido 28 y 44 respectivamente, es posteriormente procesado en un biocombustible. La combinación del prensado (E+H) es mostrada en la Tabla 6.

Tabla 6.						
		Contenido de Humedad	Contenido de Sólido	Sacarosa (azúcares libres) en kilogramos (kg) (Tonelada (t))	Azúcares (gramo/ Litro)	Masa Total en kilogramos (kg) (Tonelada (t))
E+H	Prensado Final para la Fermentación	100 %	0 %	272(0.0272)	34.5	790(0.79)

El prensado final (E+H) puede ser acondicionado en el paso de acondicionamiento en solución 22 como se discutió anteriormente. Sin embargo, el paso de acondicionamiento 22 es opcional y el prensado final (E-H) puede proceder directamente hacia la fermentación y destilación. Dado un rendimiento de etanol de 588.99 litros por tonelada de azúcar o un rendimiento de 86.6 %, las 0.12 toneladas originales de sólidos de bagazo del bagazo (C) podría producir 15.99 litros (4.23 galones) de etanol. Esto da como resultado un rendimiento de 133.47 litros (35.26 galones) de etanol por tonelada de bagazo sobre una base en peso seco.

El ejemplo anterior extrae 17 kg (0.0175 toneladas) de azúcares extra del bagazo sólido durante el proceso de pre-tratamiento. La sustracción de esta cantidad de la sacarosa (E+H), deja 9 kg(0.0097 toneladas) de azúcar. Esta es la cantidad del azúcar libre que fue extraída de la 0.01 tonelada (100 kg) original del azúcar libre en el bagazo (C). Esto da como resultado una extracción

de 97 % del azúcar libre originalmente encontrado en el residuo de bagazo húmedo. Para este fin, los azúcares libres en el bagazo son convertidos en 5.7 litros de etanol (1.5 galones) lo cual da como resultado un rendimiento de 47.31 litros (12.5 galones de etanol por tonelada de bagazo seco proveniente sólo de los azúcares libres no extraídos durante el proceso de molino de azúcar original.

Aunque la modalidad ejemplar discutida en la presente dio como resultado 97 % de la azúcar libre originalmente encontrado en el bagazo que es extraído, otros porcentajes pueden también resultar. En las modalidades preferidas, aproximadamente 80 % a 99 % del azúcar libre en el bagazo es extraído para la conversión en biocombustible.

Aunque las modalidades han sido descritas con referencia a las Figuras y los ejemplos específicos, será fácilmente apreciado por aquellos expertos en la técnica que muchas modificaciones y adaptaciones de los procesos y aparatos descritos en la presente son posibles sin apartarse del espíritu y alcance de las modalidades como se reclaman en la presente. De este modo, se entiende claramente que esta descripción es realizada únicamente a manera de ejemplo y no como una limitación sobre el alcance de las modalidades como se reclaman enseguida.

RESUMEN DE LA INVENCIÓN

Se describe un proceso para producir biocombustible a partir de biomasa que incluye monosacáridos libres. El proceso comprende los pasos de mezclar la biomasa con un hidrolizado reciclado, por un tiempo suficiente para eluir una porción de los monosacáridos libres desde la biomasa, con lo cual se forma un hidrolizado enriquecido en azúcar. El hidrolizado enriquecido en azúcar es luego separado de la biomasa y los monosacáridos contenidos en el hidrolizado enriquecido en azúcar, separado, son fermentados.

REIVINDICACIONES

1. Un proceso para producir biocombustible a partir de biomasa que incluye monosacáridos libres, caracterizado porque comprende los pasos de:

mezclar la biomasa con un hidrolizado reciclado;

eluir al menos 50% de los monosacáridos libres a partir de la biomasa hacia el hidrolizado reciclado, con lo cual se forma un hidrolizado enriquecido en azúcar;

separar de la biomasa el hidrolizado enriquecido en azúcar; y

fermentar los monosacáridos en el hidrolizado enriquecido en azúcar, separado; y en donde

las etapas de mezcla, elución y separación se llevan a cabo antes de la hidrólisis de polisacáridos dentro de la biomasa en un proceso de pretratamiento.

2. El proceso de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque el 90% o más de los monosacáridos libres son eluidos hacia el hidrolizado reciclado.

3. El proceso de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque comprende además el paso de pretratar la biomasa después del paso de separación mediante hidrólisis de los polisacáridos presentes en la biomasa.

4. El proceso de conformidad con la reivindicación 3, caracterizado porque comprende además el paso de separar el hidrolizado de la biomasa pretratada.

5. El proceso de conformidad con la reivindicación 4, caracterizado porque comprende además los pasos de:

mezclar el hidrolizado separado con un nuevo lote de biomasa que contiene monosacáridos libres;

eluir al menos 50% de los monosacáridos libres a partir del nuevo lote de biomasa hacia el hidrolizado separado, con lo cual se forma un hidrolizado

enriquecido en azúcar;

separar el segundo hidrolizado enriquecido en azúcar del nuevo lote de biomasa; y

fermentar los monosacáridos presentes en el segundo hidrolizado separado enriquecido en azúcar; y en donde

las segundas etapas de mezclado, elución y separación se llevan a cabo en el nuevo lote de biomasa antes de la hidrólisis de polisacáridos dentro del nuevo lote de biomasa en un proceso de pretratamiento.

6. El proceso de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque la biomasa es bagazo de caña de azúcar.

7. El proceso de conformidad con la reivindicación 3, caracterizado porque comprende además el paso de convertir la biomasa pretratada en un combustible de alta densidad de energía o en un material de alimentación de molino de papel.

8. El proceso de conformidad con la reivindicación 6, caracterizado porque el bagazo de caña de azúcar es un subproducto de un molino de azúcar.

9. El proceso de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque el paso de separación es realizado mediante prensado.

10. El proceso de conformidad con la reivindicación 4, caracterizado porque la biomasa y la biomasa pretratada incluyen cationes solubles que causan la incrustación, y en donde la cantidad de cationes solubles que causan la incrustación en la biomasa pretratada es menos que la mitad de la cantidad contenida en la biomasa.

11. El proceso de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque los monosacáridos son fermentados utilizando un microbio inmovilizado.

12. Un proceso para producir biocombustible a partir de biomasa que incluye azúcares libres, caracterizado porque comprende los pasos de:

mezclar la biomasa con un hidrolizado antes de la hidrólisis de cualquier polisacárido presente dentro de la biomasa en un proceso de pretratamiento;

eluir los azúcares libres contenidos dentro de la biomasa hacia el hidrolizado antes de la hidrólisis de cualquier polisacárido presente dentro de la biomasa en un proceso de pretratamiento;

separar el hidrolizado que incluye los azúcares libres eluidos de la biomasa antes de la hidrólisis de cualquier polisacárido presente dentro de la biomasa en un proceso de pretratamiento; y

fermentar los azúcares libres contenidos en el hidrolizado separado.

13. El proceso de conformidad con la reivindicación 12, caracterizado porque comprende además el paso de pretratar la biomasa mediante hidrólisis de los polisacáridos presentes en la biomasa.

14. El proceso de conformidad con la reivindicación 13, caracterizado porque comprende además el paso de separar el hidrolizado de la biomasa pretratada.

15. El proceso de conformidad con la reivindicación 12, caracterizado porque la biomasa es bagazo de caña de azúcar.

16. El proceso de conformidad con la reivindicación 15, caracterizado porque el bagazo de caña de azúcar es un subproducto de un molino de azúcar.

17. El proceso de conformidad con la reivindicación 13, caracterizado porque comprende además el paso de convertir la biomasa pretratada en un combustible de alta densidad de energía o en un material de alimentación de molino de papel.

18. El proceso de conformidad con la reivindicación 14, caracterizado porque el paso de separación del hidrolizado de la biomasa pretratada es realizado mediante prensado.

19. El proceso de conformidad con la reivindicación 18, caracterizado porque la biomasa y la biomasa pretratada incluyen cationes solubles que causan la incrustación, y en donde la cantidad de cationes solubles que causan la incrustación en la biomasa pretratada es menos que la mitad de la cantidad contenida en la biomasa.

20. El proceso de conformidad con la reivindicación 12, caracterizado porque los azúcares libres son fermentados utilizando un microbio inmovilizado.

21. El proceso de conformidad con la reivindicación 12, caracterizado porque el paso de elución comprende eluir al menos 50% de los azúcares libres dentro de la biomasa hacia el hidrolizado.

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO

NIT : 800.176.089-2

-/-

126782

58



RECIBO DE CAJA

No. 14 - 0099030

Bogotá D.C., Septiembre 16 de 2014 - 17:29:59

RECIBIDO DE : BRIGARD & CASTRO S.A.

NI 860.047.372

*** Soporte del Pago ***

TIPO PAGO	BANCO	CUENTA	No. PAGO	FECHA PAGO	VR. PAGO
CONSIGNACION	BANCO DE BOGOTA	062754387	610779315	16/09/2014	54.594.000.00

*** Conceptos Pagados ***

CANT.	RENTISTICO	CONCEPTO	Vr. UNIDITARIO	Vr. CONCEPTO
10	50005-01-01 SOLICITUDES	1607 REIVINDICACION PATENTE UNITARIA ADICIONAL A LAS 10 INIC	31.000.00	310.000.00
				\$310.000.00

SON: **TRESCIENTOS DIEZ MIL PESOS MONEDA CORRIENTE**

Responsable: _____

Recibo de Caja Aplicado al Expediente No. _____

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO



No. 13-299260- -00004-0000

Fecha: 2015-01-06 16:26:01 Dep. 2020 DIR.NUEVASCR
Tra. 11 PATENTEIYII Eve: 379 FASENACIONALII
Act. 523 RESPUESTA Folios: 58

Sede Centro: Carrera 13 No. 27 - 00 Pisos 3,4,5 y 10 Bogotá, D.C.- Colombia

Web: www.sic.gov.co e-mail: info@sic.gov.co Conmutador: (571) 5870000 Fax: (571) 5870284 Línea: 018000-910165 Call Center: (571) 6513240

, Septiembre 16 de 2014 - 17:30:24

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO

NIT : 800.176.089-2

- / -

126782

52



RECIBO DE CAJA

No. 14 - 117828

Bogotá D.C., Noviembre 05 de 2014 - 13:38:59

RECIBIDO DE : BRIGARD & CASTRO S.A.

NI 860.047.372

*** Soporte del Pago ***

TIPO PAGO	BANCO	CUENTA	No. PAGO	FECHA PAGO	VR PAGO
CONSIGNACION	BANCO DE BOGOTA	062754387	669335752	04/11/2014	36.930.000.00

*** Conceptos Pagados ***

CANT.	RENTISTICO	CONCEPTO	Vr.UNDITARIO	Vr.CONCEPTO
1	50005-01-09 OTROS SERVICIOS DE PROPIEDAD INDUSTRIAL	21 CERTIFICACIONES	21.000.00	21.000.00
				<u>\$21.000.00</u>

SON: **VEINTIUN MIL PESOS MONEDA CORRIENTE***

Responsable: _____

Recibo de Caja Aplicado al Expediente No. _____

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO



No. 13-299260- -00004-0000

Fecha: 2015-01-06 16:26:01 Dep. 2020 DIR.NUEVASCR
 Tra. 11 PATENTEIYII Eve: 379 FASENACIONALII
 Act. 523 RESPUESTA Folios: 58

Sede Centro: Carrera 13 No. 27 - 00 Pisos 3,4,5 y 10 Bogotá, D.C.- Colombia

Web: www.sic.gov.co e-mail: info@sic.gov.co Conmutador: (571) 5870000 Fax: (571) 5870284 Línea: 018000-910165 Call Center: (571) 6513240

Noviembre 5 de 2014 - 13:39:24

126782

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO

NIT : 800.176.089-2

-/-

58



RECIBO DE CAJA

No. 14 - 117829

Bogotá D.C., Noviembre 05 de 2014 - 13:38:59

RECIBIDO DE : BRIGARD & CASTRO S.A.

NI 860.047.372

*** Soporte del Pago ***

TIPO PAGO	BANCO	CUENTA	No. PAGO	FECHA PAGO	VR PAGO
CONSIGNACION	BANCO DE BOGOTA	062754387	669335752	04/11/2014	36.930.000.00

*** Conceptos Pagados ***

CANT	RENTISTICO	CONCEPTO	Vr.UNDITARIO	Vr.CONCEPTO
1	50005-01-09 OTROS SERVICIOS DE PROPIEDAD INDUSTRIAL	21 CERTIFICACIONES	21.000.00	21.000.00
				\$21.000.00

SON: **VEINTIUN MIL PESOS MONEDA CORRIENTE***

Responsable: _____

Recibo de Caja Aplicado al Expediente No. _____

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO



No. 13-299260- -00004-0000

Fecha: 2015-01-06 16:26:01 Dep. 2020 DIR.NUEVASCR
Tra. 11 PATENTEIYII Eve: 379 FASENACIONALII
Act. 523 RESPUESTA Folios: 58

Sede Centro: Carrera 13 No. 27 - 00 Pisos 3,4,5 y 10 Bogotá, D.C.- Colombia

Web: www.sic.gov.co e-mail: info@sic.gov.co Conmutador: (571) 5870000 Fax: (571) 5870284 Línea: 018000-910165 Call Center: (571) 6513240

Noviembre 5 de 2014 - 13:39:25