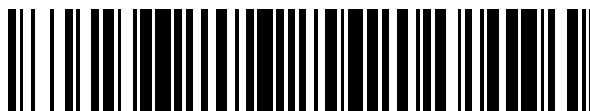


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 691 202**

51 Int. Cl.:

C01B 7/19 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **29.09.2006 PCT/US2006/038024**

87 Fecha y número de publicación internacional: **26.04.2007 WO07047063**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.09.2006 E 06815770 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.06.2018 EP 1951618**

54 Título: **Proceso de conversión de residuos de trituración en productos útiles**

30 Prioridad:

17.10.2005 US 727491 P
28.02.2006 US 778034 P
09.06.2006 US 812275 P
25.08.2006 US 840207 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
26.11.2018

73 Titular/es:

SYNPET TEKNOLOJI GELISTIRME A.S. (100.0%)
Yildirim Oguz Goker Cad., Orkide Sok. No: 1 Oda
No: 7, Besiktas Akatlar
Istanbul, TR

72 Inventor/es:

ADAMS, TERRY N.;
APPEL, BRIAN S.;
EINFELDT, CRAIG TIMOTHY y
FREISS, JAMES H.

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 691 202 T3

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

DESCRIPCIÓN

Proceso de conversión de residuos de trituración en productos útiles

5 **Campo de la invención**

La presente invención se refiere en general al procesamiento de materias primas que contienen un residuo de trituración para formar productos útiles. La invención también reduce el potencial de contaminación ambiental que surge de las corrientes de residuos inorgánicos.

10

Antecedentes

Durante mucho tiempo se ha reconocido que muchos de los materiales residuales generados por la sociedad humana pueden, en última instancia, descomponerse en una pequeña cantidad de materiales orgánicos simples que tienen su propio valor intrínseco. La capacidad de implementar dicha transformación de una manera eficaz desde el punto de vista energético y a una escala lo suficientemente grande sería de gran beneficio para la sociedad.

15

La mayoría de los materiales vivos, así como la mayoría de las sustancias orgánicas sintéticas utilizadas en aplicaciones domésticas y comerciales, comprenden polímeros basados en carbono de diversas composiciones. En las condiciones apropiadas, la mayoría de estos materiales -incluidos la madera, el carbón, los plásticos, las llantas y los excrementos de animales- se descompondrán en una mezcla de productos gaseosos, aceites y carbono. Los materiales como los residuos agrícolas también pueden contener sustancias inorgánicas que se descomponen en productos minerales. Casi todos estos productos, ya sean orgánicos o inorgánicos, pueden disfrutar de nuevas vidas en una serie de aplicaciones beneficiosas y, a menudo, lucrativas.

20

25

No solo es atractivo el principio de crear materiales útiles a partir de residuos inservibles: el reciclaje de materiales residuales es de fundamental importancia para la forma en que la creciente población humana hará frente a los principales desafíos del siglo XXI. Los dos principales desafíos a los que se enfrenta la humanidad se refieren a un suministro limitado de materiales y energía, y a reducir la creciente amenaza al medio ambiente por el calentamiento global. De hecho, una idea que está ganando popularidad rápidamente es que el reciclaje de materiales basados en el carbono dentro de la biosfera en lugar de la introducción de nuevas fuentes de carbono del petróleo subterráneo, el gas natural y los depósitos de carbón podría mitigar el calentamiento global.

30

35

Sin embargo, en la actualidad, las industrias que producen enormes volúmenes de materiales residuales que comprenden en su mayoría materiales orgánicos se enfrentan a enormes desafíos para desechar y almacenar esos residuos, así como para aprovechar al máximo sus beneficios.

40

45

Un ejemplo de ello es la industria de procesamiento de alimentos en todo el mundo, que genera miles de millones de libras de residuos orgánicos por año. Estos residuos están asociados con el procesamiento de productos de origen animal y vegetal, e incluyen procesamiento de pavo, pescado, pollo, cerdo y ganado y residuos de la cría. La industria de procesamiento de alimentos continúa creciendo y sus miembros se enfrentan a presiones económicas y ambientales significativas para hacer algo productivo con sus materiales residuales. Dichos materiales residuales dan lugar a una serie de problemas críticos. La generación de gases de efecto invernadero como el dióxido de carbono y el metano derivados del uso de vertederos, la aplicación al terreno o la digestión de residuos alimenticios, sin ningún otro beneficio, es uno de esos problemas. Idealmente, la industria alimentaria debe adoptar formas eficientes y económicas de gestionar sus residuos sin descargar contaminantes olorosos o cuestionables.

50

55

Más recientemente, el coste de almacenamiento de subproductos inutilizables en muchas áreas está adquiriendo mayor importancia. Incluso los tipos de materiales residuales con los que se puede alimentar al ganado agrícola están cada vez más regulados. Por ejemplo, a raíz de los temores que suscitan las ENE/ECJ en Europa, muchos materiales residuales simplemente se están almacenando a la espera de un destino adecuado. Claramente, existe una necesidad urgente adicional de encontrar un medio aceptable para procesar y utilizar dichos materiales de forma limpia. Preferentemente, es necesario encontrar una manera de convertir los residuos de procesamiento de alimentos en productos útiles y de alto valor.

60

65

Un impulso adicional para buscar alternativas de tratamiento es la aplicación combinada de las normativas de descarga de aguas residuales y la escalada de los impuestos por sobrecarga del alcantarillado. La industria de procesamiento de alimentos debe buscar tecnologías rentables para proporcionar un pretratamiento o un tratamiento completo de sus aguas residuales y residuos sólidos (húmedos). Históricamente, las instalaciones de procesamiento de alimentos ubicadas en o adyacentes a los municipios han dependido de las instalaciones de titularidad pública local (EDAR) para el tratamiento y eliminación de aguas residuales. Con mayor frecuencia, esta opción está menos disponible como resultado de una legislación más rigurosa. La presión para cumplir los permisos de descarga de aguas residuales ha aumentado. La disminución de las subvenciones federales para la construcción de las EDAR nuevas y actualizadas también significa que esta opción es menos atractiva. Por lo tanto, la industria de procesamiento de alimentos está cada vez más presionada para idear formas más efectivas de deshacerse de sus productos no comestibles.

La bioacumulación de sustancias químicas persistentes como las dioxinas y el potencial de propagación de enfermedades potencialmente mortales como la enfermedad de las vacas locas (ENE) es otra amenaza para los procesadores de alimentos y los consumidores de alimentos, simultáneamente. Esta amenaza se agrava mucho al volver a utilizar los residuos de procesamiento de alimentos para alimentar a los animales de granja. Los procesadores de alimentos necesitan soluciones económicas para romper este ciclo.

El tratamiento de residuos industriales, a saber, restos de trituración, también presenta otro desafío. Si bien la mayoría de los componentes de automóviles, electrodomésticos y dispositivos comerciales al final de su vida útil se pueden reciclar, reutilizar o recuperar, una parte importante es un residuo de trituración y llega al vertedero. La eliminación de restos de trituración se hace aún más difícil por los materiales tóxicos que se encuentran en los mismos, por ejemplo, cadmio, plomo, mercurio y otros metales pesados. Debido a la cantidad limitada de espacio disponible para el uso de vertederos y el coste crecientes de la eliminación de residuos peligrosos, se necesita una solución alternativa. Las industrias de automóvil y de reciclaje están actualmente bajo presión para idear formas de usar restos de trituración de una manera rentable y eficaz respecto de la energía.

Además, las autoridades municipales y organismos regionales de alcantarillado están exigiendo a las industrias que reduzcan la demanda biológica de oxígeno (DBO), la demanda química de oxígeno (DQO) y la carga sólida de sus vertidos orgánicos a las alcantarillas. Debido a las altas concentraciones de DBO que se encuentran normalmente en aguas residuales de procesos alimentarios de alta resistencia con altos niveles de sólidos en suspensión, amoníaco y compuestos de proteínas, la industria de procesamiento de alimentos está bajo escrutinio adicional. Las instalaciones de procesamiento de alimentos necesitan tecnologías de tratamiento rentables y específicas de la aplicación para gestionar sus aguas residuales y residuos sólidos de manera efectiva.

Problemas similares se multiplican, magnifican y aumentan de muchas maneras diferentes en otras industrias. Por ejemplo, la generación de emisiones de aire maloliente asociadas con plantas de procesamiento -que convierten los residuos animales térmicamente en calor en grasas y proteínas-, es uno de esos problemas. Otro es la aplicación al terreno de biosólidos municipales que contienen altas concentraciones de patógenos.

Se han desarrollado varios enfoques para procesar neumáticos de residuo usados, por ejemplo, de camiones y vehículos de pasajeros, en productos útiles que incluyen combustibles, aceites de petróleo, carbono, combustibles y materias primas para la fabricación de neumáticos y otros productos de caucho. Normalmente, estos esquemas implican calentar y disolver los neumáticos en disolventes. Algunos de los esquemas intentan desvulcanizar el caucho del neumático, *es decir*, romper los enlaces de azufre que conectan los polímeros componentes a lo largo de sus longitudes. Otros intentan despolimerizar el material de caucho. La despolimerización rompe los polímeros de cadena larga en una composición de subunidades más pequeñas con mayor fluidez y mayor utilidad, como el combustible. Algunos esquemas implican el uso de agua en condiciones cercanas o superiores a su punto crítico (22 kPa (~3.200 psi) y ~370 °C) en las cuales el agua puede ser un disolvente eficaz y un reactivo para la materia prima del neumático. Sin embargo, tales esquemas se vuelven ineficientes en energía en virtud de la cantidad de energía necesaria para lograr condiciones supercríticas. El procesamiento en condiciones supercríticas tampoco es rentable ya que requiere costosos equipos de operación fabricados en superaleaciones.

Se han considerado varios materiales orgánicos para disolver material de los neumáticos para formar un aceite pesado o un producto de caucho desvulcanizado. Los esquemas existentes que operan en condiciones modestas (<1,4 kPa (<200 psi)) generalmente producen productos pesados y contaminados, mientras que los que usan disolventes más livianos producen mejores productos pero también requieren un disolvente más costoso o una presión operativa más alta (> 13,8 (> 2.000 psi)), o ambos. Además, la mayoría de los esquemas que usan un disolvente para disolver el material del neumático no son económicos debido a la pérdida de alguna fracción del disolvente durante el proceso y el coste asociado con la reposición del disolvente de reposición, incluso en casos donde se puede practicar recuperación y reutilización del disolvente.

Los digestores aeróbicos y anaeróbicos se han empleado en plantas de tratamiento de aguas residuales para tratar los fangos de aguas residuales urbanas. Hay una serie de problemas asociados con su uso. El principio básico tras su operación es que los materiales biológicamente ricos se dirigen a recipientes grandes que contienen bacterias que digieren los materiales biológicos. Normalmente, los sólidos disueltos se dirigen a un digestor aerobio, y los sólidos en suspensión se dirigen a un digestor anaeróbico. Una vez que los materiales de alimentación nutricional se agotan, los insectos ya no pueden mantenerse y mueren. El producto final del período de digestión es un lodo que contiene las bacterias muertas y que debe desecharse de alguna manera. Un problema con el material resultante es que sigue conteniendo patógenos. Los problemas con todo el proceso, en general, incluyen que los tiempos de residencia en los recipientes del digestor pueden ser de hasta 17 días y que las condiciones de operación son difíciles de mantener. Por ejemplo, el recipiente relativamente grande (normalmente 6-9 m (20-30 pies) de diámetro) se mantiene generalmente a más de 29 °C (85 °F), y en algunos casos a más de 50 °C (122 °F).

Todas las tecnologías de eliminación actualmente disponibles para las industrias, en particular la industria de procesamiento de alimentos, tienen limitaciones e inconvenientes significativos que proporcionan un incentivo para buscar procesos alternativos. Esto se aplica a las tecnologías además del uso de las EDAR existentes. En particular, los cuatro tipos de enfoque, vertido al suelo (vertederos, compostaje, aplicación al terreno), biotratamiento,

tratamientos tradicionales de oxidación térmica como incineración/combustión y pirólisis/gasificación tienen todos sus inconvenientes individuales.

5 Los inconvenientes para el vertido al suelo incluyen: alto coste de acarreo o transporte, un potencial significativo de contaminación del agua subterránea por lixiviación y la exposición de los residentes de la zona a altas concentraciones de contaminantes peligrosos (como patógenos en el caso de la aplicación al terreno). Los vertederos producen gas que puede crear problemas de contaminación del aire, incluida la generación de gases de efecto invernadero.

10 El biotratamiento de residuos también tiene sus desventajas. El proceso es difícil de controlar y su rendimiento igualmente difícil de verificar. El rendimiento del proceso depende en gran medida de si se proporciona un flujo de aire adecuado, es decir, medios de oxigenación, al suelo donde se encuentran las bacterias aeróbicas. Además, las bacterias que pueden haber sido desarrolladas para consumir compuestos específicos, cuando se colocan en el suelo, activarán sistemas enzimáticos alternativos para consumir los compuestos más fáciles disponibles.

15 Los inconvenientes asociados con las unidades de incineración o combustión más antiguas incluyen la necesidad de agregar equipos o componentes para cumplir con las normas de emisión de contaminación del aire cada vez más altas. También puede llevar más tiempo obtener permisos de descarga de aire para los incineradores que para otras tecnologías debido a las preocupaciones significativas de la comunidad sobre la incineración. Además, el tratamiento de los residuos de los gases de escape significa tratar grandes volúmenes de gas de modo que se requiere un equipo de planta muy grande. La materia prima también tiene bajo poder calorífico. Algunos incineradores no son compatibles con combustibles sólidos o residuos sólidos, ya que estos materiales comenzarán a oxidarse demasiado en el horno. Por el contrario, un alto contenido de humedad en las materias primas también es un problema porque durante la incineración o la combustión el agua se vaporiza y se elimina -un proceso que requiere aproximadamente 2326kJ/kg (1000 Btu/lb) de agua vaporizada. Esto representa enormes pérdidas de calor/energía para el sistema.

30 La última categoría técnica empleada -pirólisis/gasificación- es atractiva porque, a diferencia de las otras mencionadas, intenta convertir los residuos en materiales utilizables, como aceites y carbono. Una de las principales preocupaciones en la implementación de formas de descomponer los materiales residuales es encontrar un medio para controlar la composición de los productos resultantes mientras se minimiza la cantidad de energía necesaria para efectuar la descomposición. En general, los métodos de pirólisis y gasificación empleados en el pasado tenían como objetivo descomponer los materiales residuales en un proceso de una sola etapa, pero se ha descubierto que una sola etapa ofrece un control inadecuado sobre la pureza y la composición de los productos finales.

35 Los pirolizadores se han usado para descomponer los materiales orgánicos en gas, aceites, alquitrán y materiales carbonosos. Un pirolizador permite calentar los materiales orgánicos a altas temperaturas, ~400-500 °C, pero tiene poca eficacia energética y da poco control sobre la composición de los materiales resultantes. En particular, la mayoría de los materiales residuales, especialmente los provenientes de fuentes agrícolas, contienen hasta 50 % de agua. Para efectuar la descomposición, los pirolizadores de la técnica evaporarían el agua utilizando un proceso con elevada exigencia de energía. Además, una cámara de pirólisis tiene normalmente gran tamaño para maximizar el rendimiento. Sin embargo, el uso de una cámara grande también tiene los desafortunados efectos secundarios de generar gradientes de temperatura significativos en toda la cámara, lo que resulta en un calentamiento desigual de los materiales residuales y productos finales de mala calidad o impuros.

45 Los gasificadores se han utilizado para lograr una combustión parcial de materiales residuales. En esencia, un gas, generalmente aire, oxígeno o vapor, pasa sobre los materiales residuales en una cantidad que es insuficiente para oxidar todo el material combustible. Por lo tanto, se producen algunos productos de combustión tales como CO₂, H₂O, CO, H₂ e hidrocarburos ligeros, y el calor generado convierte los materiales residuales restantes en aceites, gases y material carbonoso. Los gases producidos contendrán algunos de los gases de entrada, pero los gases que se producen son demasiado voluminosos para ser almacenados y deben usarse inmediatamente o enviarse a un lugar donde puedan ser utilizados. Los gasificadores también adolecen de algunos de los mismos inconvenientes que los pirolizadores, por ejemplo, un alto consumo de energía para vaporizar el contenido de agua del material residual.

55 Los productos de los métodos de pirólisis y gasificación también tienden a contener niveles inaceptablemente altos de impurezas. En particular, los materiales que contienen azufre y cloro en los materiales residuales dan lugar, respectivamente, a compuestos que contienen azufre, tales como mercaptanos, y cloruros orgánicos en los productos finales resultantes. Normalmente, los hidrocarburos clorados a niveles de 1-2 ppm se pueden tolerar en aceites hidrocarbonados, pero ni los métodos de gasificación ni la pirólisis pueden garantizar un nivel tan bajo con alguna fiabilidad.

65 Además, los métodos de pirólisis y gasificación tienen bajas eficacias, normalmente alrededor del 30 %. Una razón para esto es que los productos no son óptimos en términos de contenido calórico. Otra razón es que un proceso de una sola etapa no puede producir fácilmente materiales en una forma a partir de la cual la energía pueda aprovecharse eficazmente y reciclarse en el proceso. Por ejemplo, es difícil capturar la energía térmica en los

productos sólidos que se producen y redirigirla para ayudar al calentamiento del recipiente de reacción.

Como se detalla anteriormente, los métodos de pirólisis/gasificación sufren de varias maneras. El producto oleoso es generalmente rico en componentes indeseables de alta viscosidad como el alquitrán y el asfalto. Tanto los procesos de pirólisis como los de gasificación tienen malas propiedades de transferencia de calor y, en consecuencia, no se calientan de manera uniforme. Por lo tanto, los productos finales varían mucho en número con poca cantidad o calidad suficientes para una recuperación económica. Las materias primas húmedas requieren mucha energía para vaporización y representan grandes pérdidas de energía para el sistema, ya que el agua sale por la chimenea en forma de gas. En resumen, la pirólisis/gasificación tiene un alto coste operativo general, es intensivo en capital y produce algunos subproductos de valor nulo o limitado.

Aunque ha habido muchas variantes de los métodos de pirólisis y gasificación, todos los cuales tienen inconvenientes muy similares, un avance reciente ha permitido aumentos significativos en la eficacia de procesamiento. Por ejemplo, las patentes de Estados Unidos con números 5.269.947, 5.360.553 y 5.543.061, describen sistemas que reemplazan el proceso de una sola etapa de los métodos anteriores por un proceso de dos etapas. En una Etapa de hidrólisis (a menudo denominada etapa "húmeda"), los materiales residuales se someten a calor a alrededor de 200-250 °C y a una presión de aproximadamente 20-120 atmósferas. En realizaciones preferidas, los materiales residuales se someten a una presión de aproximadamente 50 atmósferas. Bajo tales condiciones, el contenido de agua del material residual hidroliza muchos de los biopolímeros tales como grasas y proteínas que pueden estar presentes para formar una mezcla de aceites. En una segunda etapa (a menudo llamada etapa "seca"), la mezcla se incinera a baja presión, durante la cual aproximadamente la mitad del agua se elimina como vapor. La mezcla se calienta aún más para eliminar por evaporación el agua restante, mientras que la mezcla finalmente se descompone en productos gaseosos, aceites y carbono.

El principal avance de estos métodos en dos etapas fue permitir la generación de mezclas de aceites de mayor calidad y más útiles que cualquier proceso de etapa única anterior. Sin embargo, los productos de tales métodos todavía adolecen de problemas de contaminación, originados en materiales tales como compuestos que contienen azufre y cloro, y la necesidad de evaporar una porción significativa del agua que sigue implicando una importante penalización energética. Por lo tanto, ha sido difícil que métodos de dos etapas anteriores sean comercialmente viables.

El documento US2004/0192980 aborda el procesamiento de residuos y productos de bajo valor para producir materiales útiles con purezas y composiciones fiables, a un coste aceptable, sin producir emisiones malolientes y con alta eficacia energética.

El documento U 2005/0113611 aborda el procesamiento de restos de trituración.

En consecuencia, existe la necesidad de un método para procesar el residuo de trituración para producir materiales útiles en purezas y composiciones confiables, a un coste operativo y de capital aceptable.

Resumen de la invención

La presente invención se refiere en general al procesamiento de residuos de trituración. Más específicamente, la presente invención se refiere a métodos para convertir residuos de trituración en productos útiles de purezas y composiciones fiables, a un coste aceptable, sin producir emisiones malolientes, y con una alta eficacia energética de acuerdo con la reivindicación 1. En particular, el método de la invención comprende un proceso que convierte materias primas que contienen restos de trituración en materiales útiles tales como gas, aceite, productos químicos especiales (tales como ácidos grasos), fertilizantes y sólidos de carbono. El proceso de la presente divulgación es aplicable al procesamiento de restos de trituración. En resumen, un proceso de acuerdo con la presente invención somete a calor y presión a una materia prima que contiene hidrocarburo preparada adecuadamente, separa varios componentes de la alimentación resultante, y luego aplica calor y presión, a uno o más de esos componentes. Diversos materiales que se producen en diferentes puntos del proceso de la presente invención pueden recircularse y usarse para desempeñar otras funciones dentro del proceso de la presente invención. Se describe un aparato que no está de acuerdo con la invención para convertir una materia prima en al menos un material útil, que comprende: una unidad de preparación, que incluye un dispositivo de suspensión para crear una suspensión acuosa de materia prima a partir de la materia prima; un recipiente que se comunica con la unidad de preparación de materia prima para recibir la suspensión acuosa de materia prima de la unidad de preparación de materia prima, equipo adicional tal como una bomba y un intercambiador de calor configurado para presurizar y calentar la suspensión para producir una suspensión espesa calentada; un reactor de Etapa de hidrólisis que se comunica con el recipiente para recibir la suspensión líquida calentada, configurado el reactor de Etapa de hidrólisis para someter la suspensión líquida calentada a una primera temperatura incrementada y una primera presión incrementada para producir una alimentación reaccionada que comprende al menos un producto sólido reaccionado, al menos un producto líquido reaccionado y agua; al menos una unidad de separación que se comunica con el reactor de Etapa de hidrólisis para recibir el al menos un producto sólido reaccionado, al menos un producto líquido y agua, configurada la unidad para separar el al menos un producto sólido reaccionado, el agua y el al menos un producto líquido reaccionado y un reactor de Etapa de acabado de aceite que se comunica con la unidad de separación para recibir el al menos un producto líquido

reaccionado, configurado el reactor de Etapa de acabado de aceite para someter el al menos un producto líquido reaccionado a una segunda temperatura incrementada y, opcionalmente, un segunda presión incrementada, convirtiendo de ese modo el al menos un producto líquido reaccionado en al menos un material útil. Se describe un combustible fabricado mediante un proceso, en el que el proceso comprende: preparar una suspensión acuosa a partir de una materia prima que contiene carbono; hacer reaccionar la suspensión líquida espesa en una Etapa de hidrólisis para producir una alimentación reaccionada que comprende al menos un producto sólido reaccionado, al menos un producto líquido reaccionado, y agua; separar dicho al menos un producto sólido reaccionado, dicha agua, y dicho al menos un producto líquido reaccionado de dicha alimentación reaccionada; convertir dicho al menos un producto líquido reaccionado en el combustible en una segunda reacción. Se describe un aparato que no está de acuerdo con la invención para convertir un licor orgánico en una mezcla de hidrocarburos y sólidos de carbono, que comprende: un calentador para calentar el licor orgánico, produciendo de este modo una mezcla de aceite líquido y vaporizado; un reactor para convertir la mezcla de aceite líquido y vaporizado en sólidos de carbono, y una mezcla de hidrocarburos y gases; un primer enfriador para aceptar los sólidos de carbono; y un segundo enfriador para aceptar la mezcla de hidrocarburos y gases. Se describe un aparato que no está de acuerdo con la invención que comprende: un recipiente calentado que tiene una entrada y una salida; un primer tornillo sin fin calentado que tiene una entrada y una salida, estando configuradas y dimensionadas la entrada y la salida para permitir que se aplique una presión más alta en el primer tornillo sin fin, comunicando la primera entrada del tornillo sin fin con la salida del recipiente; un separador fluido-sólido que se comunica con la salida del primer tornillo sin fin, teniendo el separador una primera salida para líquidos y gases y una segunda salida para sólidos; y un segundo tornillo sin fin que se comunica con los sólidos, proporcionando el segundo tornillo sin fin el enfriamiento de los sólidos. Se describe un proceso que no está de acuerdo con la invención para convertir un licor orgánico en una mezcla de hidrocarburos y sólidos de carbono, que comprende: calentar el licor orgánico, produciendo de ese modo una mezcla de aceite líquido y vaporizado; convertir la mezcla de aceite líquido y vaporizado en sólidos de carbono y una mezcla de hidrocarburos y gases; y separar los sólidos de carbono de la mezcla de hidrocarburos y gases. Se describe un proceso que no está de acuerdo con la invención para producir un combustible a partir de una materia prima que contiene hidrocarburos, que comprende: preparar una suspensión acuosa de la materia prima; someter la suspensión acuosa a un proceso de despolimerización para formar una composición que comprende al menos un material inorgánico y una mezcla líquida; separar dicho al menos un material inorgánico de la mezcla líquida; y derivar un combustible de dicha mezcla líquida. Se describe un proceso que no está de acuerdo con la invención para producir un fertilizante a partir de una materia prima, que comprende: preparar una suspensión acuosa de la materia prima; calentar la suspensión líquida a una temperatura suficiente para despolimerizar dicha materia prima en una composición que comprende al menos un material inorgánico y una mezcla líquida; separar dicho al menos un material inorgánico de la mezcla líquida; y derivar un fertilizante de dicha mezcla líquida. Se describe un proceso que no está de acuerdo con la invención para producir un alimento a partir de una materia prima, que comprende: preparar una suspensión de la materia prima; calentar la suspensión líquida a una temperatura suficiente para despolimerizar dicha materia prima en una composición que comprende al menos un material inorgánico y una mezcla líquida; separar dicho al menos un material inorgánico de la mezcla líquida; y derivar un alimento de dicha mezcla líquida. Se describe un proceso que no está de acuerdo con la invención para convertir un residuo de trituradora en aceite, que comprende: disolver el residuo de trituración en un disolvente; preparar una suspensión del residuo de trituración; hacer reaccionar la suspensión líquida espesa con agua en una Etapa de hidrólisis para producir una alimentación reaccionada que comprende al menos un sólido reaccionado, producto, al menos un producto líquido reaccionado; separar dicho al menos un producto sólido reaccionado, dicha agua, y dicho al menos un producto líquido reaccionado de dicha alimentación reaccionada; convertir dicho al menos un producto líquido reaccionado en aceite en una segunda reacción.

Breve descripción de los dibujos

- La figura 1 muestra un diagrama de flujo de un proceso en general;
- La figura 2 muestra un esquema de los aparatos utilizados en la realización de un proceso;
- La figura 3 muestra un diagrama de flujo de una preparación y reacción de la Etapa de hidrólisis de un proceso;
- La figura 4 muestra un diagrama de flujo de una segunda etapa de separación de un proceso;
- La figura 5 muestra un diagrama de flujo de una reacción de un proceso de Etapa de acabado de aceite;
- La figura 6 muestra un aparato para llevar a cabo una Etapa de acabado de aceite del proceso;
- La figura 7 muestra un aparato para separar sólidos en suspensión finos de un fluido; y
- Las figuras 8A y 8B muestran el uso, respectivamente, reactor de Etapa de acabado de aceite y un refrigerador/condensador con un proceso;
- La figura 9 muestra la relación entre la viscosidad e índice de cizalladura de una materia prima a varias temperaturas.

- La figura 10 muestra un diagrama de flujo de un proceso de la presente invención, tal como se aplica a la conversión de restos de trituración.
- 5 La figura 11 representa una realización de un reactor de despolimerización y una unidad de separación.
- La figura 12 representa un aparato de prueba a escala de laboratorio utilizado en la presente invención.
- La figura 13 representa una muestra de restos de trituración.
- 10 La figura 14 representa fracciones de restos de trituración de varios tamaños.
- La figura 15 representa productos de despolimerización de un proceso de acuerdo con la presente invención aplicado a restos de trituración.
- 15 La figura 16 representa productos intermedios de un proceso de acuerdo con la presente invención.
- La figura 17 representa un aceite intermedio hidrolizado producido usando restos de trituración como materia prima bruta.
- 20 La figura 18 representa varios productos de partida, productos intermedios y finales de un proceso. La figura 19 representa gráficamente algunos ejemplos de productos de aceite craqueados destilados que se pueden producir usando el proceso de la presente invención.
- 25 La figura 20 muestra un desglose de diversos productos químicos encontrados en el craqueo de combustible gaseoso de un proceso de la presente invención aplicado a restos de trituración.
- La figura 21 es un gráfico que muestra la consistencia de rendimiento entre lotes de un proceso de la presente invención en función de los rendimientos de la Etapa de hidrólisis para cinco lotes.
- 30 La figura 22 es un diagrama que rastrea la conversión de productos orgánicos secos en diversos materiales y gases a través de los pasos de despolimerización, hidrólisis y acabar el aceite del proceso.
- La figura 23 es un diagrama del balance de materia para un proceso de la presente invención aplicado a restos de trituración.
- 35 La figura 24 describe cómo se usa y recicla el agua en un proceso.
- La figura 25 es un diagrama del movimiento del agua en un aparato.

40 Descripción detallada

- El proceso de la presente invención está dirigido a producir uno o más materiales útiles a partir de materiales de bajo valor o residuos generados por la sociedad en general, ya sea a partir de prácticas domésticas ordinarias, o de operaciones comerciales. Los materiales orgánicos son los comúnmente entendidos por un experto en la técnica. En particular, los materiales orgánicos son aquellos materiales cuyos elementos componentes incluyen carbono en combinación con uno o más elementos diferentes tales como hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, azufre y fósforo, y los elementos halógenos, en particular flúor, cloro, bromo y yodo. Los materiales orgánicos también incluyen compuestos que contienen carbono en combinación con elementos como arsénico, selenio y silicio, así como sales de moléculas orgánicas y complejos de moléculas orgánicas con metales tales como, entre otros, magnesio, mercurio, hierro, zinc, cromo, cobre, plomo, aluminio y estaño. Muchos materiales orgánicos proceden de fuentes biológicas y comprenden proteínas, lípidos, almidones, ácidos nucleicos, carbohidratos, celulosa, lignina y quitina, así como células enteras. Otros materiales orgánicos son de origen artificial o sintético, como plásticos y otros productos derivados del petróleo.
- 45
- 50
- 55 En el proceso de la presente invención, se aplican calor y presión a una materia prima a niveles capaces de romper las largas cadenas moleculares de la materia prima. Por lo tanto, la materia prima se descompone a nivel molecular en uno o más materiales componentes. En el proceso, la materia prima pasa de tener un coste o valor bajo a un beneficio, o una reducción significativa del coste, o un valor más alto. Es importante destacar que el proceso también es capaz de destruir los patógenos que pueden estar presentes en la materia prima. El proceso básico de la presente invención está diseñado para manejar restos de trituración. Los materiales residuales para uso en la presente invención son normalmente subproductos o productos finales de otros procesos industriales, preparaciones comerciales y usos domésticos o municipales, que normalmente no tienen otro uso inmediato y/o que se eliminan normalmente. Los productos de bajo valor pueden ser igualmente subproductos o productos finales de otros procesos industriales, preparaciones comerciales y usos domésticos o municipales, pero normalmente son materiales que tienen un valor de reventa muy bajo y/o que requieren algún procesamiento posterior para convertirse en algo útil.
- 60
- 65

ES 2 691 202 T3

5 Cuando se usan en el proceso de la presente invención, los productos residuales y de bajo valor se denominan normalmente materias primas o alimentación bruta. También debe entenderse que la alimentación bruta utilizada en el proceso de la presente invención puede comprender productos residuales y/o de bajo valor de varias fuentes, y de una serie de tipos diferentes. Por ejemplo, los residuos de procesamiento de alimentos podrían combinarse con residuos de procesamiento agrícola, si es conveniente, y procesarse simultáneamente.

10 El residuo de trituración (RT) es el material que queda después de que los metales ferrosos se han recuperados de vehículos desguazados o desmantelados, productos de línea blanca, bienes de consumo, etc. Sin el beneficio de la presente invención, tales materiales normalmente van a vertedero. Ejemplos de "productos blancos" incluyen lavadoras, secadoras, refrigeradores, lavavajillas, estufas, acondicionadores de aire, calentadores de agua; el término tal como se usa en el presente documento también abarca cualquier dispositivo que pueda recuperarse por su contenido de metal. Los componentes y la composición elemental de dos muestras de RT, según lo determinado por el análisis de muestras, se muestran a continuación.

15

Muestra 1

	Porcentaje en peso
Humedad	4,4
Plásticos	22,8
Espumas	11,2
Caucho y Elastómeros	23,3
Ropa y Telas	5,8
Madera	2,9
Material fino	22,0
Material diverso	3,9
Rocas	1,5
Metales y alambres	6,9
	mg/kg
Arsénico (total)	32
Bario	550
Cadmio (total)	17
Cromo	110
Cobre	6000
Plomo	920
Mercurio	1,4
Selenio	ND
Plata	ND
Zinc	5600

Muestra 2

	Porcentaje en peso
Humedad	10
Plástica	28,4
Espumas	6,9
Caucho y Elastómeros	32,3
Ropa y Telas	10,6
Madera	7,6

Multas	3,8
Diverso	10,4
Rocas	0
Metales y alambres	0
	mg/kg
Arsénico (total)	1,87
Bario	99
Cadmio (total)	11,67
Cromo	40
Cobre	1140
Dirigir	556,67
Mercurio	10,40
Selenio	ND
Plata	0,85
Zinc	3400

Los datos anteriores se proporcionan únicamente para ilustrar los tipos de materiales que pueden encontrarse en una muestra de RT dada y no deben interpretarse como limitativos de las aplicaciones de la presente invención. Dependiendo de su origen, la composición del material de trituración residual puede variar de una muestra a otra.

- 5 Por ejemplo, RT puede comprender fragmentos de plásticos, caucho, vidrio, tejidos, pinturas, madera, espumas, finos, elastómeros, metales residuales, etc. de diferentes tamaños, como se muestra en la figura 14. Es probable que los RT de televisores y refrigeradores viejos, por ejemplo, contengan metales pesados o bifenilos policlorados (PCB), una mezcla peligrosa de compuestos clorados. Otros componentes tóxicos potencialmente encontrados en los RT incluyen éteres de difenilo polibromados (PBDE), que se usan comúnmente como ignífugos y son
- 10 químicamente similares a los PCB, y ftalatos, que se encuentran en el PVC, un componente importante en la fabricación de automóviles.

El proceso de la presente invención puede manejar y procesar una alimentación de materiales residuales mixtos de bajo valor sin la necesidad de preclasificar el material en corrientes puras. Adicionalmente, el proceso de la

15 invención puede hidrolizar los enlaces oxígeno-cloro del PVC y transferir metales y haluros al agua. Al igual que con la hidrólisis del PVC, los iones hidrógeno del agua se combinan con iones haluro, por ejemplo, Br y Cl, para producir productos químicos de uso relativamente benigno. Los productos químicos tóxicos, por ejemplo, los PCB, los PBDE, que de otra manera se lixiviarían de los RT se destruyen en el proceso, produciendo un aceite libre de tales contaminantes y otros residuos. Las características de dos lotes de productos derivados del petróleo craqueados de

20 RT se proporcionan en las tablas siguientes. Otra ventaja de la presente invención es su capacidad para manejar y procesar eficazmente materiales de tamaño y composición heterogéneos. La necesidad del dimensionamiento/reducción de partículas se elimina por la etapa de despolimerización del proceso, cuyo mecanismo será evidente a partir de la siguiente descripción.

- 25 Cuando se aplica el proceso de la presente invención a RT, una porción del aceite producido se recircula preferentemente a la entrada para ayudar a disolver el RT de la alimentación entrante. Un esquema del proceso aplicado a un RT se representa en la figura 10. La alimentación bruta se somete a una etapa de preparación 110, una despolimerización o "etapa de fusión", seguida de separación mecánica, con lo que se eliminan los sólidos de la mezcla. La despolimerización reduce el contenido orgánico en el RT sólido a un líquido, lo que permite la separación
- 30 de los objetos metálicos y otros sólidos orgánicos, así como el contacto mejorado de los compuestos orgánicos con el agua en la siguiente Etapa de hidrólisis. La despolimerización se produce a temperaturas en el intervalo de 366 °C (690 °F) a 418 °C (785 °F), preferentemente en el intervalo de aproximadamente 700 °F a 775 °F (371 °C a 413 °C), más preferentemente en el intervalo de 371 °C (720 °F) a 413 °C (750 °F).

- 35 La mezcla resultante se somete luego a una Etapa de hidrólisis equivalente a la Etapa de hidrólisis 120 descrita en el presente documento. La hidrólisis de compuestos orgánicos clorados y/o bromados en la mezcla rompe el enlace carbono-haluro y transfiere el haluro a la fase acuosa, destruyendo de manera eficaz compuestos tales como los PCB. La hidrólisis también permite la transferencia de iones metálicos a la fase acuosa, haciendo que el aceite resultante esté esencialmente libre de contaminación. La hidrólisis se realiza a temperaturas en el intervalo de 221
- 40 °C (430 °F) a 266 °C (510 °F), más preferentemente en el intervalo de 227 °C (440 °F) a 260 °C (500 °F), más preferentemente en el intervalo de 232 °C (450 °F) a 249 °C (480 °F).

ES 2 691 202 T3

La alimentación reaccionada producida se somete a una etapa de separación térmica y mecánica. En un proceso similar a la coquefacción retardada, el aceite de hidrólisis se calienta a aproximadamente 500 °C. La transferencia de calor al aceite es rápida e isotérmica y solo el aceite orgánico "seco" se calienta a la temperatura final. El fueloil o licor orgánico 500 obtenido a partir del mismo se alimenta a una Etapa de acabado de aceite para su acabado. El combustible gaseoso 146, los sólidos de carbono 142 o el aceite 144 pueden producirse coquizando el licor orgánico en el sitio o en una refinería. Alternativamente, se puede producir un aceite de hidrocarburo con componentes similares a un aceite diésel n.º 4 con un mínimo de procesamiento en el sitio. Las características de dos lotes diferentes de productos de aceite craqueados del proceso aplicado a RT se proporcionan a continuación.

10

Lote 1

	Destilado
IFA a 16 °C	40,7
Destilación, °C	
FIB	48 (119)
10 %	112 (234)
50 %	233 (451)
90 %	344 (652)
FBF	366 (691)
Azufre % peso	0,124
Ceniza % peso	0,003
Nitrógeno %	<0,1
kg/kJ (BTU/lb)	43,314(18,622)
Kg/1 (BTU/Gal)	35,500(127,409)

Lote 2

	Destilado
IFA a 16°C(60°F)	48,7
Destilación, °C (°F)	
FIB	96
10 %	206
50 %	396
90 %	643
FBF	652
Azufre % peso	0,0625
Ceniza % peso	<0,001
Punto de vertido, °C/°F	-36/-33
Agua y sedimento	0,2 %
Índice de Cetano	52,2

Se consigue una alta eficacia energética en el proceso de la presente invención a través del intercambio de calor en contracorriente. La mayor parte de la energía se usa para calentar agua líquida; el agua evaporada en la hidrólisis genera vapor, que se separa y se deriva para precalentar la alimentación entrante. Como se ilustra en los esquemas de la figura 24 y la figura 25, el agua evaporada durante la Etapa de hidrólisis es así reciclada. Dada la composición química variable de la alimentación bruta, la eficacia energética puede variar de un lote a otra. Sin embargo, al utilizar pruebas realizadas con varios lotes, se determinó que la eficacia energética del proceso es aproximadamente del 91 %, tal como se detalla en la siguiente tabla. Se seleccionó una temperatura de 482 °C (900 °F) para estas pruebas, ya que es mucho más que adecuada para el proceso y demuestra que se puede lograr una alta eficacia energética incluso cuando la mezcla se calienta a temperaturas extremadamente altas.

15

20

Eficacia energética del proceso tal como se aplica a RT
Valor de calentamiento de sustancias orgánicas: ~ 34.890 kJ/kg (15.000 Btu/lb)
La mezcla 50:50 con agua tiene un Cp ~ 1,74 kJ/kg (0,75 Btu/lb)
Calentamiento a 482° C (900 °F): 1570 kJ/kg de mezcla (675 Btu/lb de mezcla) (3,02 kJ/kg de aceite) (1,30 Btu/lb)
Eficacia = 100 % - (1,350/15,000) = 91 %

Adicionalmente, el aparato puede construirse usando partes comercialmente disponibles. El manejo de la materia prima inicial se puede realizar utilizando tolvas de fondo móvil, transportadores de tornillo convencionales y/o elevadores de cangilones en condiciones ambientales. Se pueden usar pantallas vibratorias para atrapar material fino y eliminar la suciedad suelta y los residuos si se desea. El potente paso de despolimerización también elimina la necesidad de clasificar adicionalmente por tamaños de partícula la alimentación bruta. Como será evidente a partir de la siguiente descripción, las temperaturas y la presión comúnmente usadas en las aplicaciones comerciales actuales, por ejemplo 400 °C (750 °F), 1034 kPa (150 psig), son más que adecuadas para despolimerizar la alimentación bruta. Los diseños de los reactores de despolimerización pueden implementarse por lo tanto utilizando tecnologías simples existentes, por ejemplo, reactores encamisados en flujo pistón o por lotes, ya que se utilizan presiones relativamente bajas en el proceso actual. Los dispositivos de fácil acceso como pantallas vibratorias, prensas de tornillo simple y doble y centrifugadoras listas para usar también se pueden usar para efectuar la separación con despolimerización. Del mismo modo, el procesamiento posterior a la hidrólisis puede realizarse utilizando dispositivos y procesos disponibles en el mercado, tales como recompresión de vapor/destilación, calcinación, sistemas de lecho fluidizado y unidades de separación centrífuga y de desalinización.

Los materiales residuales y de bajo valor procesados según las realizaciones de la presente invención se convierten generalmente en tres tipos de materiales útiles, todos los cuales son valiosos y no son intrínsecamente nocivos para el medio ambiente: aceite de alta calidad; gases de combustión limpia; y sólidos purificados que incluyen minerales y sólidos de carbono que pueden usarse como combustibles, fertilizantes o materias primas para la fabricación. Adicionalmente, se producen diversas corrientes secundarias durante el proceso de la presente invención, que incluyen en algunos casos concentrados similares a "aceites de pescado solubles". Por lo general, se considera que los materiales útiles son aquellos que tienen un valor económico más alto que los residuos, los de bajo valor u otros materiales que sirvieron como alimentación. Tales materiales útiles pueden tener, por ejemplo, un mayor contenido calórico, o pueden tener una gama más amplia de aplicaciones que la alimentación de la que se derivaron. Un proceso comprende varias etapas, como se ilustra en las figuras 1 y 2. La figura 1 muestra, en líneas generales, las principales características del proceso. La figura 2 muestra un aparato 200 ilustrativo para llevar a cabo un proceso. La alimentación bruta 100, que se muestra en la figura 1, puede ser potencialmente cualquier material residual o corriente orgánica y/o inorgánica de bajo valor. Preferentemente, la alimentación bruta contiene una cantidad sustancial de material que contiene carbono.

La alimentación bruta 100 se somete a una etapa de preparación 110. Un aspecto de la etapa de preparación es reducir el tamaño de la alimentación bruta usando técnicas de obtención de pasta y otras tecnologías de molienda hasta un tamaño adecuado para el bombeo. La etapa de preparación puede comprender uno o más pasos, y puede comprender añadir materiales a la alimentación bruta, o extraer materiales de la misma, y da como resultado una suspensión acuosa 112 que se pasa a una Etapa de hidrólisis 120. La fabricación de la suspensión puede implicar añadir agua (u otro fluido adecuado) a la alimentación bruta 100, dependiendo de su contenido de agua inicial. El uso de una suspensión acuosa es beneficioso porque la molienda en húmedo, como en la etapa de preparación 110, reduce el rozamiento y el consumo de energía, y porque una suspensión acuosa puede transferirse fácilmente mediante bombas de un recipiente a otro. Los dispositivos de suspensión adecuados incluyen: un púlper de papel, un triturador en línea o un macerador. Una mezcla 121 de vapor y gases se desprende de la etapa de preparación 110.

El hueso y otras materias minerales inorgánicas son una parte integral de los animales y los residuos animales. La materia orgánica en forma de proteínas, grasas y carbohidratos está unida física y químicamente a este material mineral inorgánico dificultando el procesamiento de los productos orgánicos a productos valiosos a menos que los dos estén separados. Por consiguiente, en la etapa 114, la suspensión líquida se somete a una etapa de despolimerización, en la que se calienta a una temperatura entre 135 °C (275 °F) y 138 °C (380 °F), preferentemente entre 135 °C (275 °F) y 163 °C (325 °F), e incluso más preferentemente entre 149 °C (300 °F) y 163 °C (325 °F), con el fin de separar la materia inorgánica, como el hueso y otras materias sólidas, de los componentes orgánicos. Los expertos en la técnica reconocerán que la composición de materia inorgánica y orgánica diferirá de lote a lote, dependiendo de la naturaleza de las materias primas utilizadas. El material óseo 116 está destinado solo a ilustrar el tipo de materia inorgánica proporcionada en algunos procesos. Cuando los restos de trituración, neumáticos, plásticos o caucho, por ejemplo, constituyen la alimentación bruta, el material inorgánico probablemente no comprenderá material óseo.

La etapa de despolimerización, también denominada etapa de calentamiento 114, tiene lugar durante al menos 15 minutos y, preferentemente durante 45 minutos. El tiempo de calentamiento depende de la temperatura, donde tan solo se necesitan 15 minutos a temperaturas más altas, y más de una hora a las temperaturas más bajas del intervalo. El calentamiento a tales temperaturas disminuye drásticamente la viscosidad global de la suspensión líquida y es consistente con una hidrólisis del material proteico de la materia prima en sus bloques de construcción de aminoácidos, o di y tripéptidos, de modo que los enlaces físicos y químicos con la materia mineral se rompen. Dicha reducción en la viscosidad permite la separación de sólidos insolubles unidos tales como material óseo 116 que comprende materia mineral indeseada y hueso pulverizado de la suspensión líquida espesa, produciendo de este modo una mezcla líquida 118 que posteriormente entra en la Etapa de hidrólisis.

La materia mineral que se separa en esta etapa comprende principalmente material óseo en partículas y en polvo, así como también cierta cantidad de minerales de arena, tierra u otros contaminantes que han entrado en la materia prima. La separación de la materia mineral del material restante puede lograrse mediante separación por gravedad o puede utilizarse otro aparato de separación familiar para un experto en la técnica, tal como una centrífuga líquido/sólido, una criba o un filtro. La materia mineral así separada se puede usar como un fertilizante mineral. La materia mineral separada preferentemente está exenta de material orgánico, aunque, en la práctica, cantidades de trazas continúan a través del proceso de separación.

La mezcla líquida 118 que surge de la separación comprende normalmente una fase oleosa que contiene grasas e hidratos de carbono, y una fase acuosa en la que están disueltas los aminoácidos y péptidos pequeños obtenidos a partir de la degradación de proteínas. La mezcla líquida puede comprender además algunos materiales insolubles que incluyen algunos minerales y algunos péptidos que no se han descompuesto. A la luz de lo anterior, la composición de la mezcla líquida es tal que se puede separar de la ruta de hidrólisis 120 y aplicarse directamente al uso o en forma concentrada como alimento, fertilizante, combustible u otros productos. La mezcla líquida concentrada puede ser de aplicación como combustible de calderas o motores, o puede someterse a un procesamiento adicional, por ejemplo, en una refinería de petróleo. Cuando se emplean materiales de alimentación basados en hidrocarburos, por ejemplo, plásticos residuales, caucho, neumáticos usados, etc., se puede combinar un disolvente orgánico con la alimentación bruta 100 para maximizar la fracción orgánica de la materia prima y mejorar así el rendimiento de la mezcla líquida utilizable.

Como entenderá un experto en la técnica, la etapa de despolimerización 114 también encontraría aplicación en otros procesos, tales como la transformación de residuos de animales, donde los residuos de animales que contienen hueso y materia mineral se descomponen para formar otros materiales utilizables. En general, la aplicación de calor entre 135 °C (275 °F) y 193 °C (380 °F), preferentemente entre 135 °C (275 °F) y 163 °C (325 °F), e incluso más preferentemente entre 149 °C (300 °F) y 163 °C (325 °F) a una materia prima de este tipo efectuarán una separación más eficaz de la materia orgánica del hueso y el mineral de lo que hasta ahora ha sido posible. Tal proceso facilitará la separación del hueso y la materia mineral del resto de la materia prima y conducirá a una porción orgánica más pura, así como a la reducción de la cantidad de materia orgánica que se desperdicia al unirse a una materia mineral no utilizable. Se incluye además un proceso para transformar partes del cuerpo de animales que contienen materia orgánica unida a sólidos insolubles, que comprende: preparar una suspensión de las partes del cuerpo del animal; calentar la suspensión a entre 135 °C (275 °F) y 193 °C (380 °F), preferentemente entre 135 °C (275 °F) y 163 °C (325 °F), y aún más preferentemente entre 119 °C (300 °F) y 163 °C (325 °F), para producir una mezcla líquida y material insoluble; y eliminar el material óseo. Se debe tener en cuenta que los procesos previamente existentes para la transformación de residuos de animales normalmente no calientan la materia prima a una temperatura tan alta, y generalmente solo calientan a temperaturas por debajo de 212 °F (100 °C). Además, los procesos previamente existentes para la transformación de residuos de animales generan normalmente dos lotes de productos: carne y harina de huesos en un lote y grasa en un segundo lote. Por el contrario, el proceso genera dos lotes de diferentes componentes: material sólido, que contiene en gran parte hueso, que está completamente separado y puede usarse como, por ejemplo, un fertilizante mineral; y una porción líquida que comprende a su vez una porción de aceite separada que puede usarse para crear ácidos grasos, y una porción acuosa (que contiene aminoácidos disueltos en agua) que puede usarse como suministro de alimentos para animales.

En una Etapa de hidrólisis 120, la suspensión líquida se somete a calor y presión incrementada en donde la suspensión líquida se somete a una Etapa de hidrólisis, también llamada reacción de la Etapa de hidrólisis. Tales condiciones de calor y presión conducen a la descomposición de la estructura celular de los componentes biológicos de la suspensión, para liberar moléculas componentes tales como proteínas, grasas, ácidos nucleicos y carbohidratos. Además, muchos materiales orgánicos poliméricos se hidrolizan mediante el agua de la suspensión para formar mezclas de productos orgánicos más simples. En particular, las grasas pueden dividirse parcialmente para dar materiales orgánicos flotables tales como ácidos grasos (que contienen grupos de ácido carboxílico) y glicerol solubles en agua (es decir, moléculas que contienen 3 grupos hidroxilo). Las proteínas se descomponen normalmente en polipéptidos, péptidos y aminoácidos componentes más simples. Los carbohidratos se descomponen en gran medida en azúcares más simples, solubles en agua. Los enlaces de oxígeno y cloro de plásticos como el PET y el PVC también se rompen en la Etapa de hidrólisis. La presencia de agua en la Etapa de hidrólisis es especialmente ventajosa porque ayuda a transportar calor a la materia prima.

Debe entenderse que los términos reacción, reaccionar y reaccionando, cuando se usan junto con las realizaciones de la presente invención, pueden abarcar muchos tipos diferentes de cambios químicos. En particular, el término reacción puede abarcar un cambio químico que surge de la combinación o asociación de dos o más especies que dan lugar a uno o más productos, y puede abarcar otros tipos de descomposiciones o conversiones que implican la descomposición o transformación de una sola especie, como se induce por las condiciones de temperatura, presión o impacto de la radiación electromagnética, y puede abarcar además transformaciones que implican un disolvente, como una hidrólisis. Además, debe entenderse que cuando el término "reacción" o "reaccionar" se usa en el presente documento para describir un proceso, o una etapa de un proceso, en ese caso pueden estar ocurriendo más de un cambio químico simultáneamente. Por lo tanto, una reacción puede implicar simultáneamente una hidrólisis y una descomposición, por ejemplo.

Una mezcla de vapor y productos gaseosos 126 se libera normalmente de la suspensión líquida en la Etapa de hidrólisis 120. La alimentación reaccionada 122 que resulta de la Etapa de hidrólisis normalmente consiste en una mezcla de productos sólidos reaccionados y una mezcla de productos líquidos reaccionados. Estos diversos productos se caracterizan normalmente como una fase oleosa, una fase acuosa y una fase mineral húmeda. La fase acuosa y la fase oleosa contienen normalmente varios materiales orgánicos disueltos. La mezcla 126 de vapor y gases producida en la Etapa de hidrólisis 120 se separa preferentemente en un condensador, y el vapor se usa para precalentar la suspensión líquida entrante.

La alimentación 122 reaccionada se somete luego a una etapa de separación 130 en la que se elimina una mezcla 132 adicional de vapor y gases, y se separa una mezcla 134 de minerales u otros materiales sólidos. Preferentemente, los materiales sólidos obtenidos en esta etapa no comprenden sólidos de carbono, a menos que esté presente un sólido de carbono en la materia prima de entrada. La etapa de separación 130 puede comprender más de una separación individual. En algunas realizaciones de la invención, los materiales sólidos pueden someterse a procesamiento adicional en un calcinador para eliminar cualquier residuo orgánico de los mismos y para ser calcinados. Otros materiales generados en diversos puntos del proceso descrito en la presente memoria, por ejemplo, gas no condensable concentrado, sólido inorgánico 116 y combustible concentrado acuoso, pueden alimentarse asimismo al calcinador para su posterior procesamiento. El calcinador puede cumplir funciones duales para producir sólidos calcinados y producir aceite caliente y/o vapor para su uso en diversas aplicaciones. Por ejemplo, el vapor caliente puede usarse para alimentar una turbina de vapor, *por ejemplo*, en plantas de energía eléctrica u otros contextos industriales y de fabricación. El material residual de la etapa de separación 130 consiste en una mezcla de productos líquidos que incluye agua producida 138 (agua con materiales solubles) y un licor orgánico 500. Preferentemente, la mayor parte del agua producida 138 se separa, y un producto líquido tal como el licor orgánico 500 se dirige a una Etapa 140 de acabado de aceite. Por lo tanto, el licor orgánico preferentemente comprende un producto líquido reaccionado, separado del agua y en la mayoría de los casos también separado del producto sólido reaccionado. El agua producida 138 contiene numerosos compuestos que incluyen materiales que contienen azufre y cloro y se deriva preferentemente para concentración 139. Es deseable separar tales compuestos y, en realizaciones preferidas, la concentración da lugar a un condensado 151 (cuya pureza es usualmente, mejor que la de las aguas residuales de tipo municipal), y un concentrado 153 (que, en muchos casos, puede usarse como combustible orgánico o fertilizante líquido similar a los compuestos solubles de aceite de pescado).

Parte del licor orgánico 500 puede derivarse a una separación 137 opcional para formar productos químicos orgánicos especiales 143 tales como ácidos grasos o aminoácidos, por ejemplo, mediante destilación fraccionada del licor orgánico. Las fracciones residuales, licor fraccionado 145, a menudo llamado 'licor pesado', que comprende fracciones que no son útiles como productos químicos especiales, se pueden redirigir a la Etapa de acabado de aceite 140.

Cuando la materia prima es el fango de aguas residuales urbanas, la alimentación reaccionada 122 de la reacción de la Etapa de hidrólisis comprende normalmente agua producida, una matriz sólida de material orgánico e inorgánico, y una pequeña cantidad de licor orgánico. El agua producida a partir de los fangos de aguas residuales urbanas se deriva después de la concentración para formar un producto que encuentra aplicación como fertilizante.

En una Etapa de acabado de aceite 140, también conocida como "Acabado de aceite", el licor orgánico 500 se somete a condiciones en las que experimenta una segunda reacción. La segunda reacción puede implicar uno o más procesos conocidos en la técnica, tales como deshidratación simple, destilación de ácidos grasos, craqueo térmico, craqueo catalítico, eliminación de fango, etc. También es posible que el licor orgánico contenga alguna cantidad de producto sólido reaccionado que también pasa a la Etapa de acabado de aceite. Juntos, el licor orgánico y el producto sólido reaccionado pueden denominarse matriz sólida. En la segunda reacción, el licor orgánico se convierte en una mezcla de materiales útiles que generalmente incluye sólidos de carbono 142 y una mezcla de hidrocarburos que se libera normalmente como vapor de hidrocarburo y gases 148. Dicha conversión puede implicar una descomposición de uno o más materiales en el licor orgánico. Las condiciones adecuadas en la Etapa de acabado de aceite normalmente usan temperaturas que son elevadas con respecto a la Etapa de hidrólisis, y usan presiones reducidas con respecto a la Etapa de hidrólisis. La Etapa de acabado de aceite normalmente no implica el uso de agua añadida. Se pueden emplear varios aparatos diferentes para llevar a cabo la Etapa de acabado de aceite, como se describe adicionalmente en el presente documento.

Los sólidos de carbono 142 son normalmente similares al coque, es decir, habitualmente materiales carbonáceos duros con un alto valor calorífico adecuado para su uso como combustible. Los sólidos de carbono 142 preferentemente contienen poco, si alguno, minerales no combustibles que normalmente proceden de la incineración de materiales que contienen carbono en una atmósfera deficiente en oxígeno. El contenido mineral de los sólidos de carbono 142 es preferentemente menor que 10 % en peso, más preferentemente menor que 5 % en peso, aún más preferentemente menor que 2 % en peso, y lo más preferentemente menor que 1 % en peso. Cuando los sólidos de carbono 142 contienen minerales, también pueden describirse como una matriz de carbono y minerales.

El vapor y los gases 148 de hidrocarburos se denominan "hidrocarburos bioderivados" siempre que el material biológico sea la materia prima para el proceso de la presente invención. El vapor y los gases de hidrocarburos pueden denominarse de diversas formas como "derivado de neumático", "derivado de caucho" o "derivado de plástico" si la materia prima bruta comprende neumáticos, caucho o plásticos, respectivamente. Los vapores y gases 148 de hidrocarburos comprenden normalmente gases hidrocarbonados, con posiblemente algunas impurezas trazas de gases no hidrocarbonados. Los gases hidrocarbonados incluyen gases tales como combustible gaseoso 146; los vapores de hidrocarburos pueden condensarse fácilmente a líquidos o aceites 144 tales como los componentes más ligeros del Diésel n.º 2. Un experto en la técnica entiende que un Diésel n.º 2 es un aceite con una viscosidad o densidad relativamente baja.

Cuando la materia prima es fango de aguas residuales urbanas, los productos sólidos de la Etapa de acabado de aceite normalmente comprenden una mezcla de aceites hidrocarbonados, combustible gaseoso y una mezcla de minerales con carbono, en forma sólida.

Debe entenderse que los parámetros operativos del proceso pueden ajustarse en uno o más casos para acomodar diferentes tipos de materiales de alimentación bruta. Por ejemplo, en el contexto de alimentos crudos como los despojos de pavo, los componentes principales son grasas animales, proteínas, carbohidratos y minerales. Por lo tanto, el balance de los componentes principales puede determinar algunos aspectos de las condiciones de operación. Además, los intervalos de temperatura del primer reactor y del reactor de la Etapa de acabado de aceite pueden controlarse para producir productos específicos, maximizando así el valor económico que puede obtenerse del rendimiento de varios productos.

Un aparato 200 para llevar a cabo un proceso se muestra en la figura 2. Basándose en las enseñanzas, el ensamblaje de los diversos componentes del aparato 200 estaría dentro de la capacidad de un experto habitual en la técnica de ingeniería de procesos o ingeniería química. En consecuencia, los detalles técnicos que serían familiares para un experto en la materia se han omitido en la presente descripción. Además, como se trata en el presente documento, un experto en la técnica podría sustituir varias piezas de aparatos por las piezas individuales mostradas en la figura 2, y realizar el proceso. La preparación de materia prima y la suspensión líquida se pueden llevar a cabo en un aparato 210 de preparación de materia prima. Después de la preparación de alimentación y la suspensión líquida de alimentación, la suspensión líquida se pasa a un recipiente 220 con ventilación a baja presión denominado tanque de almacenamiento de alimentación. Preferentemente, la alimentación se somete a calentamiento en o antes del tanque de almacenamiento de alimentación para producir una suspensión calentada que se somete opcionalmente a presurización antes de entrar en el reactor de Etapa de hidrólisis. Tal calentamiento y presurización normalmente tienen lugar en equipos que comprenden un recipiente para retener la suspensión, una bomba para aumentar la presión de la suspensión, y un intercambiador de calor para calentar la suspensión. Normalmente, se emplean condiciones de aproximadamente 60 °C (140 °F) y 7 kPa (1 PSI), para mantener la suspensión líquida espesa en estado líquido y para limitar la actividad biológica. El tanque de almacenamiento de alimentación puede comprender un primer tanque y un segundo tanque. El primer tanque puede calentarse a una temperatura de 140 °F (60 °C) y someterse a una presión de aproximadamente 7 kPa (1 psi.). Tales condiciones en el primer tanque producen eficazmente el cese de la actividad biológica. Dicho primer tanque puede tener una capacidad de aproximadamente 3.800.000 l (1.000.000 de galones EE. UU.); por lo tanto, para un rendimiento de 378-5681/min (100-150 galones/minuto), el tiempo eficaz de residencia en dicho tanque es de aproximadamente 700 minutos. El segundo tanque se puede mantener a una temperatura de aproximadamente 149 °C (300 °F) y someter el contenido a una presión de hasta aproximadamente 6894 kPa (100 psi.). La presión es generalmente ligeramente superior a la presión de saturación de la mezcla a una temperatura dada. Por ejemplo, la presión de saturación de la mezcla es de 455 kPa (66 psi.) a aproximadamente 300 °F (aproximadamente 150 °C). Las condiciones en el segundo tanque son normalmente lo suficientemente duras para descomponer los materiales proteicos en la suspensión, para aflojar la suspensión y para eliminar el amoníaco. La capacidad del segundo tanque es normalmente menor que la del primer tanque, y puede ser tan pequeña como 9463 l (2,500 galones EE. UU.). Por lo tanto, un caudal de aproximadamente 150 l/min (40 galones por minuto) puede producir un tiempo de residencia de aproximadamente una hora en el segundo tanque. Pueden lograrse tiempos de residencia preferidos más largos para materiales de alimentación particulares, por ejemplo de varias horas en el segundo tanque, con velocidades de flujo más bajas.

La Etapa de hidrólisis se lleva a cabo en un reactor 230 de Etapa de hidrólisis, que preferentemente comprende un recipiente de cámaras múltiples de modo que existe una distribución estrecha de los tiempos de residencia de los materiales componentes de la suspensión.

El reactor de Etapa de hidrólisis también puede ser un reactor con un transportador de tornillo. Preferentemente, el recipiente está equipado con deflectores, y un agitador motorizado de paletas múltiples que puede agitar

simultáneamente la suspensión líquida en cada una de las cámaras. Podría haber cuatro cámaras en tal recipiente. El calentamiento de la suspensión líquida puede tener lugar en varias etapas antes de este recipiente.

5 La destilación súbita de la alimentación reaccionada después de la Etapa de hidrólisis se puede lograr en un recipiente de expansión 240 (un "separador de segunda etapa") con una ventilación. Preferentemente, la presión en el recipiente de expansión 240 es considerablemente menor que la del reactor 230 de Etapa de hidrólisis. La presión en el recipiente de destilación súbita puede ser de aproximadamente 2068 kPa (300 psi), donde la presión en el reactor de Etapa de hidrólisis puede ser de aproximadamente 4.137 kPa (600 psi).

10 Se pueden usar diversos equipos para lograr varias separaciones de segunda etapa de la alimentación que sale del reactor 230 de Etapa de hidrólisis. Preferentemente, tales separaciones proporcionan una mezcla 132 de vapor y gases, licor orgánico 500, minerales 134 y agua producida con materiales solubles 138. El vapor y los gases 132 se devuelven preferentemente a la etapa de preparación para ayudar al calentamiento de la alimentación.

15 La separación de los minerales del licor orgánico y el agua se puede lograr con centrifugas, hidrociclones o con un tanque estático. El secado de los minerales 134 se puede lograr con, por ejemplo, un horno de secado u otro secador mineral tal como un secador de "anillo" (no mostrado en la figura 2). La separación se puede facilitar agregando un producto químico para romper la emulsión). El agua producida con materiales solubles 138, resultante de la separación del licor orgánico del agua, se puede concentrar en un evaporador 250 de un tipo que normalmente

20 está disponible en la industria. El licor orgánico 500 que se ha separado de los minerales y el agua puede estar contenido en un recipiente de retención de licor orgánico 252 antes de la transferencia al reactor 260 de Etapa de acabado de aceite. Tal recipiente de retención puede ser un recipiente de almacenamiento ordinario como se usa normalmente en la industria. La parte o toda la porción del licor orgánico 500 puede desviarse para dar uno o más productos químicos especiales. Normalmente, esto implica someter el licor orgánico a destilación fraccionada. El

25 licor orgánico que se somete a destilación fraccionada se destila normalmente en una columna de destilación 254. El licor orgánico puede someterse a un lavado con ácido para separar los restos de aminoácidos antes de pasarlo a la columna de destilación. Los materiales más volátiles del licor orgánico, como los ácidos grasos, se destilan y se recogen. Cualquier material más pesado tal como grasas no volatilizadas y derivados de grasa que se encuentran en el fondo de la columna de destilación se pasan al reactor 260 de Etapa de acabado de aceite. La parte o toda la

30 porción completa del licor orgánico 500 se deriva para dar un aceite carboxílico. El aceite carboxílico se puede usar directamente como una fuente de combustible adaptable, es decir, en una caldera, calentador o motor. El aceite carboxílico puede someterse a un procesamiento adicional, *por ejemplo*, en una refinería de petróleo. Alternativamente, el aceite carboxílico puede procesarse o purificarse adicionalmente mediante filtración y/o centrifugación antes del uso. Por ejemplo, el aceite carboxílico puede someterse a hidrot ratamiento, un proceso

35 comúnmente utilizado en las refinerías de petróleo para eliminar nitrógeno y azufre de los aceites de crudo de petróleo para producir un combustible más limpio ya que la presencia de nitrógeno y azufre puede producir NOx y SOx durante la combustión. Como se ilustra en la sección de Ejemplos, el aceite carboxílico tiene un bajo contenido de azufre, normalmente <0,2 %, y por lo tanto requiere poca cantidad de hidrógeno para fines de hidrot ratamiento. La facilidad de mejorar el aceite carboxílico también se atribuye al bajo contenido de nitrógeno, la mayoría del cual

40 existe en forma de amina en lugar como anillo heterocíclico. Se pueden emplear diversas materias primas para generar aceite carboxílico utilizable en este punto del proceso. Se prefieren materias primas que comprendan grasa/grasa, *por ejemplo*, grasas animales, semillas oleaginosas -semilla de soja, canola-, grasa de colectores, y una fuente de proteínas para maximizar el rendimiento de aceite carboxílico

45 utilizable. Los materiales adecuados para este fin incluyen, no exclusivamente, residuos animales, residuos vegetales, desechos y corrientes de bajo valor (DDG) de las instalaciones de producción de etanol. El licor orgánico que proviene de la separación de segunda etapa también se puede pasar al reactor 260 de Etapa de acabado de aceite donde tiene lugar una segunda reacción en la que el licor orgánico se convierte en uno o más

50 materiales útiles tales como aceite y sólidos de carbón 142. El aceite que sale del reactor Etapa de acabado de aceite puede someterse a una separación adicional en un separador 270, para producir aceite 144 y combustible gaseoso 146. La separación puede comprender condensar el aceite en varias etapas y desviarlo al almacenamiento de aceite 280 en un recipiente de almacenamiento. Los sólidos de carbono 142 que provienen del reactor de la Etapa de acabado de aceite se enfrían y también se pueden almacenar, o calentar adicionalmente y luego tratar

55 para activarlos de acuerdo con métodos que son conocidos por los expertos en la técnica. Por ejemplo, los sólidos de carbono se pueden calentar en un reactor adicional y se pueden activar mediante la inyección de vapor sobrecalentado. Como se discutió anteriormente, los materiales de alimentación bruta ilustrativos incluyen materiales residuales de

60 industrias agrícolas y de procesamiento de alimentos. Dichos materiales residuales pueden comprender partes de animales tales como alas, huesos, plumas, órganos, piel, cabezas, sangre y cuellos, tejidos blandos, garras y cabello. Las partes típicas de los animales son las que se encuentran en los despojos de pavo y los restos de canales de los mataderos. Otros materiales residuales de la industria de procesamiento de alimentos que son adecuados incluyen grasa no usada de establecimientos de comida rápida tales como franquicias de hamburguesas

65 y materiales tales como fangos de flotación por aire disuelto ("FAD") de plantas de procesamiento de alimentos. Los materiales residuales agrícolas pueden incluir estiércol de animales o estiércol de ovejas, cerdos y vacas, y también

otros materiales como cama de gallinas y residuos de cosecha. En las figuras 3-5, la Alimentación bruta 100 es un subproducto del procesamiento de alimentos, como los despojos de pavo.

5 Como se muestra en la figura 3, la alimentación bruta 100 se somete inicialmente a preparación y suspensión 110 para producir una suspensión acuosa 112 de alimentación, acompañada de vapor y gases 121. La suspensión acuosa 112 puede transferirse al almacenamiento de alimentación 320 en un tanque de almacenamiento de alimentación ("TAA" u homogeneizador) a través de un intercambiador de calor 114 donde se calienta para descomponer el material proteico que está unido a los huesos y otras partes duras del cuerpo en la mezcla. Para una materia prima como desechos de procesamiento de alimentos o fango de aguas residuales urbanas, el calentamiento para tal fin es a una temperatura entre 135 °C (275 °F) y 193 °C (380 °F), preferentemente entre 135 °C 275 °F y 163 °C (325 °F), e incluso más preferentemente entre 149 °C (300 °F) y 163 °C (325 °F). El calentamiento en el intervalo de 149 °C (300 °F) a 163 °C (325 °F) debería ser preferentemente de aproximadamente una hora. El resultado de dicho calentamiento es disminuir la viscosidad de la suspensión, inactivar biológicamente los contenidos, y producir una mezcla de materiales minerales (incluido polvo y partículas de hueso) y una mezcla líquida. En la etapa 310, los sólidos insolubles que comprenden minerales y material óseo 116 se separan de la mezcla 118 líquida, *por ejemplo*, mediante separación por gravedad o por centrifugación líquido/sólido, o criba o filtro. La mezcla líquida, que comprende una mezcla de agua y componentes orgánicos insolubles en agua y algunos oligoelementos, se enfría y se dirige al tanque de almacenamiento de alimentación 320 ("TAA" u homogeneizador). Los contenidos se calientan a aproximadamente 135-138 °C (275 - 280 °F) en el TAA y se someten a una presión de aproximadamente 3447 kPa (50 psi) para producir una alimentación condicionada 322, una alimentación relativamente homogénea adecuada para pasar al reactor de Etapa de hidrólisis. Durante el almacenamiento de la alimentación, el vapor y las impurezas gaseosas 338 preferentemente se ventilan 336.

25 Por lo tanto, una ventaja es que la desgasificación se produce en el TAA para eliminar las impurezas gaseosas no deseadas al principio del proceso general. La suspensión líquida 112 de alimentación puede permanecer en el almacenamiento 320 de alimentación durante cualquier tiempo conveniente hasta que deba procesarse adicionalmente según los métodos. Preferentemente, el TAA suministra una corriente de alimentación constante a una bomba de suspensión de alta presión que presuriza la alimentación y la transporta al reactor de Etapa de hidrólisis. La suspensión líquida 112 de alimentación puede permanecer en un tanque de almacenamiento grande durante cualquier tiempo conveniente hasta que se deba procesar adicionalmente según los métodos. Para materiales de alimentación crudos que contienen cantidades significativas de amoníaco (NH₃), tales como despojos de pavo, es ventajoso eliminar el amoníaco libre, durante la preparación 110, en cuyo caso es un componente de la corriente de vapor y gases 121, o durante el almacenamiento 320, donde se ventea junto con el vapor y las impurezas gaseosas 338. Una fuente de amoníaco es la descomposición del ácido úrico que se encuentra en las cantidades residuales de orina que a menudo están presentes en los agregados de las partes del cuerpo de los animales. Los métodos de eliminación de amoníaco están dentro del conocimiento de un experto en la materia e incluyen, aunque sin limitación, la separación del contenido de orina antes de la suspensión, el uso de degradación enzimática y la aplicación de calor. Además, el amoníaco se puede convertir por acidificación en una sal como el sulfato de amonio o el fosfato de amonio. El TAA puede comprender dos recipientes mantenidos en diferentes condiciones. El primero de estos recipientes tiene la función de almacenamiento; el segundo recipiente efectúa la descomposición de las proteínas y libera amoníaco.

45 La suspensión de alimentación acondicionada 322 que sale del almacenamiento de alimentación 320 se somete a una Etapa de hidrólisis 330, en la que el agua contenida en la suspensión de alimentación acondicionada 322 realiza una hidrólisis de muchos de los biopolímeros presentes. Se proporciona suficiente agitación (proporcionada por mezcladores y/o dispositivos de recirculación) para que los sólidos se mantengan en suspensión. La Etapa de hidrólisis normalmente tarda de 5 a 60 minutos. La salida de la Etapa de hidrólisis es una alimentación 122 reaccionada. Normalmente, también se liberan vapor y gas 339 desde la Etapa de hidrólisis.

50 En la Etapa de hidrólisis 330 se produce cierta desgasificación en la que se produce la eliminación parcial de compuestos de nitrógeno y azufre, y pueden tener lugar reacciones de desaminación y descarboxilación en las que cantidades significativas de proteína también se disocian en productos tales como amoníaco y potencialmente dióxido de carbono. En general, las reacciones de descarboxilación son indeseadas debido a que los productos, distintos del dióxido de carbono, son aminas que tienden a ser solubles en agua y volátiles. De este modo, en general, las reacciones de desaminación se prefieren a las reacciones de descarboxilación, y los productos líquidos que se obtienen a partir de la Etapa de hidrólisis normalmente incluyen ácidos carboxílicos cuando la materia prima incluye materia tal como proteínas y grasas. De acuerdo con esto, dado que las reacciones de descarboxilación normalmente se producen a temperaturas más altas que las desaminaciones, la Etapa de hidrólisis se lleva a cabo preferentemente a la temperatura más baja posible en la que las moléculas de grasa se dividen. Como alternativa, el pH de la Etapa de hidrólisis se puede cambiar agregando ácido, desactivando así las reacciones de descarboxilación.

65 La eliminación de los compuestos de nitrógeno y azufre en esta etapa, y la etapa previa de precalentamiento, previene la formación de compuestos orgánicos de nitrógeno, amoníaco, y diversos compuestos de azufre que podrían convertirse en componentes indeseables de los hidrocarburos bioderivados resultantes si se permite su procesamiento mediante algunos tipos de reactores de Etapa de acabado de aceite.

Las condiciones típicas para llevar a cabo la Etapa de hidrólisis en este ejemplo son de 150 °C a 330 °C, aunque preferentemente de aproximadamente 250 °C, y aproximadamente de 50 atmósferas de presión, o aproximadamente 41 atm (600 psi), como se puede obtener en un reactor de Etapa de hidrólisis. Generalmente, la presión en el reactor de Etapa de hidrólisis está en el intervalo de 20 a 120 atmósferas. El tiempo total de calentamiento de la etapa de precalentamiento e Hidrólisis es de hasta aproximadamente 120 minutos. Tales condiciones pueden variar de acuerdo con las alimentaciones que se utilicen. En un aspecto, tal como se aplica a las materias primas que contienen PVC, la temperatura de operación en la Etapa de hidrólisis es suficientemente alta, y va seguida por etapas de lavado, de modo que se eliminan los productos que contienen cloro.

En general, la Etapa de hidrólisis se lleva a cabo a temperaturas en el intervalo de 150 °C a 330 °C de modo que se puede lograr al menos una de las siguientes tres transformaciones. Primero, las proteínas se degradan a los restos de aminoácidos individuales de los que están compuestos. Esto se puede lograr hidrolizando el enlace de amida peptídico entre cada par de restos de aminoácidos en la cadena principal de la proteína a temperaturas en el intervalo de 150-220 °C. En segundo lugar, las moléculas de grasa se pueden descomponer a moléculas de ácidos grasos, un proceso que puede ocurrir en el intervalo de 200-290 °C. Las grasas se hidrolizan para separar los triglicéridos y formar ácidos grasos libres y glicerol. En tercer lugar, la desaminación y descarboxilación de aminoácidos puede suceder en la Etapa de hidrólisis. Los grupos de ácido carboxílico, si se deja que procedan al reactor de la Etapa de acabado de aceite, todavía unidos a sus respectivos restos de aminoácidos, se convertirán todos en hidrocarburos en condiciones operativas relativamente suaves. Además, puede haber algunos aminoácidos que se desaminen, un proceso que normalmente sucede en el intervalo de temperatura 210-320 °C. Por lo tanto, en la Etapa de hidrólisis en solitario, prácticamente toda la proteína presente en la suspensión líquida se convertirá en aminoácidos a temperaturas operativas relativamente bajas de la Etapa de hidrólisis. Además, el grado de desaminación de aminoácidos puede controlarse mediante una elección juiciosa de la temperatura de funcionamiento de la Etapa de hidrólisis.

Como entenderá un experto en la técnica, las condiciones reales en las que se hace funcionar el reactor de Etapa de hidrólisis variarán de acuerdo con la materia prima empleada. Por ejemplo, para despojos de animales normalmente se utiliza una temperatura de Etapa de hidrólisis en el intervalo de 200 °C a 250 °C. Los fangos de aguas residuales urbanas normalmente utilizan una temperatura de Etapa de hidrólisis en el intervalo de 170 °C a 250 °C. Una materia prima que comprende plásticos mixtos normalmente utiliza una temperatura de Etapa de hidrólisis en el intervalo de 200 °C a 250 °C. Los neumáticos generalmente utilizan una temperatura de Etapa de hidrólisis en el intervalo de 250 °C a 400 °C. Una condición operativa típica para el procesamiento de neumáticos en el reactor de Etapa de hidrólisis del proceso de la presente invención sería a 275 °C y 2068 kPa (300 psi), con una relación de disolvente a neumático de 1:1 o menos en peso. Tal presión de procesamiento para una temperatura dada es mucho más baja que las informadas en otros métodos de procesamiento de neumáticos y, por lo tanto, es más económica.

La Etapa de hidrólisis del procesamiento de neumáticos también puede involucrar agua para eliminar materiales que contienen elementos como el cloro. Preferentemente, tales materiales se eliminan casi por completo en condiciones de funcionamiento normales. El material del neumático, el disolvente y el agua se pueden mezclar juntos para la Etapa de hidrólisis, o el disolvente y el agua pueden contactar el neumático secuencialmente.

La presión en el reactor de Etapa de hidrólisis se elige normalmente para estar cerca de la presión de saturación del agua a la temperatura de operación en cuestión. La presión de saturación es la presión que se debe aplicar a una temperatura determinada para evitar que el agua hierva, y también depende de la presencia y cantidad de otros gases en la suspensión líquida de alimentación purificada. La presión total en el reactor es mayor que la presión de vapor del agua en la mezcla de lodo, por lo que el agua no se evapora. La presión está preferentemente en el intervalo de 45-55 atmósferas, puede estar en el intervalo de 40-60 atmósferas, y también puede estar en el intervalo de 30-70 atmósferas. Normalmente, la presión se ajusta en cantidades hasta, y en el intervalo de 0-689 kPa (0-100 psi) por encima de la saturación para que los gases no deseados puedan ser ventilados 336 de la preparación de alimentación, el almacenamiento de alimentación o el reactor de Etapa de hidrólisis.

Una ventaja es que la ventilación durante la preparación 110 de la alimentación, el almacenamiento 320 de la alimentación y la Etapa de hidrólisis permite eliminar las impurezas gaseosas tales como el amoníaco, el dióxido de carbono y los gases que contienen azufre. Normalmente, la Etapa de hidrólisis 330 produce gases que contienen azufre a partir de la descomposición de las fracciones que contienen azufre en los diversos biomateriales. Una fuente principal de azufre son las moléculas de proteína, muchas de las cuales tienen puentes de sulfuro entre los restos de cisteína. Los gases que contienen azufre son normalmente sulfuro de hidrógeno (H₂S) y mercaptanos (compuestos de alquil-azufre) tales como metil mercaptano. Además, se pueden producir algunas sales como el sulfuro de calcio (CaS), que normalmente se separan en etapas posteriores. Después de la Etapa de hidrólisis, la alimentación 122 reaccionada que comprende normalmente al menos un producto líquido reaccionado y al menos un producto sólido reaccionado y agua, se someta a una destilación súbita 340 a una presión más baja, y permite liberar el exceso de calor a las etapas de calentamiento anteriores a la Etapa de hidrólisis. Normalmente, la destilación súbita se logra mediante múltiples reducciones de presión, preferentemente en dos o tres etapas. El efecto de la destilación súbita es evacuar el vapor restante y los gases 132 asociados con la alimentación reaccionada. La deshidratación por despresurización es eficaz porque el agua se elimina sin usar calor. El uso eficaz

del exceso de calor se conoce como recuperación de calor, y representa un avance adicional. Como la Etapa de hidrólisis usa agua, que puede ventilarse como vapor, junto con otros gases 339, se presta para una recuperación energética eficaz. El agua y el vapor son eficaces en el intercambio de calor y se pueden redirigir a las etapas de calentamiento anteriores a la Etapa de hidrólisis usando uno o más condensadores. Los condensadores son bastante compactos y fomentan la eficacia. Por lo tanto, el vapor y los gases 132 ventilados de la alimentación reaccionada 122 también se usan preferentemente para ayudar a calentar la alimentación entrante y para mantener la temperatura de la Etapa de hidrólisis, reduciendo así la pérdida de energía del proceso de la presente invención. El vapor y los gases 339 también se pueden pasar a uno o más intercambiadores de calor situados antes o después del almacenamiento 320 de la alimentación. En algunos casos, también se puede inyectar de nuevo vapor directamente en la alimentación de entrada 100. Preferentemente, el vapor y los gases 339 de la Etapa de hidrólisis 330 se combinan con el vapor y los gases 132 antes de pasar al intercambiador de calor 114.

En el intercambiador de calor 114, el vapor y los gases están separados entre sí. La mayor parte del vapor se condensa para dar un condensado 151. Preferentemente, este condensado se redirige para combinarse con el "agua producida" que resulta de etapas posteriores del proceso que se describe adicionalmente a continuación. Pequeñas cantidades de vapor residual se ventilan 116 junto con los gases. Preferentemente, estos gases ventilados se combinan con otros gases que se producen en etapas posteriores del proceso de la presente invención para proporcionar combustible gaseoso.

Una vez que la alimentación reaccionada se ha sometido a destilación súbita 340, y se ha recuperado el calor, la alimentación intermedia 400 comprende normalmente al menos un producto líquido reaccionado, al menos un producto sólido reaccionado, y agua. El al menos un producto líquido reaccionado es normalmente un constituyente de un licor orgánico; el al menos un producto sólido reaccionado normalmente comprende minerales. La alimentación intermedia preferentemente está sustancialmente exenta de productos gaseosos.

La figura 4 muestra una secuencia de separaciones que se aplica a la alimentación intermedia. Otra ventaja del proceso de la presente invención es que la alimentación intermedia que resulta de la Etapa de hidrólisis se somete a una o más etapas de separación que eliminan minerales y agua antes del procesamiento en la reacción de la Etapa de acabado de aceite. La etapa de separación utiliza equipos de separación tales como centrífugas, hidrociclones, columnas de destilación, dispositivos de filtración y tamices, y también puede usar destilación para eliminar sólidos de carbono muy finos de una alimentación intermedia 400. En general, la reducción de presión adicional recupera más vapor y facilita la separación sólida/líquida para recuperar minerales y otros sólidos.

La alimentación intermedia 400, que comprende normalmente licor orgánico, agua y minerales, está preferentemente sujeta a una primera separación 410 que elimina la mayoría de los minerales y produce una mezcla de licor orgánico y agua 414 que tiene poca ceniza. Dicha separación se caracteriza como una separación sólido/líquido y se puede lograr con una primera centrífuga o mediante un dispositivo de separación sólido/líquido, por ejemplo por métodos mecánicos o no mecánicos tales como la sedimentación por gravedad. Los minerales que se separan son normalmente húmedos y, por lo tanto, se someten a una etapa seca 420 antes de pasar a un almacenamiento mineral seco 430. La etapa seca normalmente tiene lugar bajo condiciones atmosféricas normales. Los minerales resultantes pueden encontrar una aplicación comercial considerable como una enmienda del suelo u otro precursor industrial.

La mezcla 414 de licor orgánico/agua orgánica está sujeta a una segunda separación 440 para expulsar el agua y dejar el licor orgánico 500. Dicha segunda separación se puede lograr usando una segunda centrífuga líquido/líquido (u otro dispositivo de separación). Las diferencias en la densidad permiten la separación centrífuga del agua producida y el licor orgánico. El agua producida 138 que se expulsa contiene cantidades significativas de pequeñas moléculas orgánicas disueltas tales como glicerol y algunos aminoácidos solubles en agua que se derivan de la descomposición de las proteínas. El agua producida también incluye normalmente impurezas de cloruro. La separación de tales impurezas antes de la reacción en la Etapa de acabado de aceite representa un beneficio adicional porque los productos posteriores no están contaminados.

El agua producida 138 puede estar sujeta a la concentración 139, tal como por evaporación, produciendo un condensado 151 de agua que puede recircularse dentro del proceso, y un concentrado 153 que se envía a un almacenamiento 460 de concentrado. La evaporación se consigue normalmente mediante la aplicación de un ligero vacío. El concentrado, que comprende principalmente una suspensión de aminoácidos, glicerol y, potencialmente, sales de amonio tales como sulfato de amonio o fosfato, tendrá normalmente valor comercial como, por ejemplo, los fertilizantes conocidos como "aceites de pescado solubles" que se venden en tiendas de jardinería doméstica.

Debe entenderse que el proceso no está limitado a una etapa de separación que comprende dos pasos. Tampoco el proceso está limitado por el orden en que se llevan a cabo los pasos de separación. Por lo tanto, es coherente que la separación de la alimentación intermedia 400 en productos tales como licor orgánico, minerales y agua se produzca en una sola etapa o en más de dos etapas. Además, los minerales pueden, en algunos casos, dejarse en la alimentación orgánica por diseño, y por lo tanto no es necesario que su separación se produzca antes del procesamiento de la Etapa de acabado de aceite.

Cuando se procesan neumáticos, una parte del licor orgánico puede usarse como un producto final que es una materia prima de neumático desvulcanizado para la fabricación de productos de caucho.

La figura 5 muestra una etapa del proceso en la que el licor orgánico 500 resultado de una etapa de separación de la figura 4 se somete a una Etapa de acabado de aceite 140 para producir uno o más productos útiles. El licor orgánico 500 normalmente va a un recipiente de retención antes de que se procese adicionalmente. Un experto en la técnica entenderá que la distribución exacta de los productos obtenidos en la Etapa de acabado de aceite 140 variará de acuerdo con las condiciones empleadas en la Etapa de acabado de aceite, incluido el tipo de aparato empleado para ello. Por ejemplo, en algunas reacciones de la Etapa de acabado de aceite, el producto predominante es el vapor de hidrocarburo y gases 148, con muy poco o ningún contenido de carbono.

Una parte, o la totalidad, del licor orgánico 500 se puede dirigir opcionalmente para su procesamiento más allá de la Etapa de acabado de aceite 140 para producir uno o más productos químicos especiales 143. De acuerdo con dicho proceso opcional, alguna parte deseada de licor orgánico 500 se somete normalmente a un proceso de separación tal como destilación fraccionada 510 o se hace reaccionar con un compuesto tal como alcohol para formar otro compuesto, como entenderá un experto en la técnica. Tal proceso de separación genera productos químicos especiales 143, y deja un licor 145 fraccionado, a menudo denominado "licor pesado", que comprende moléculas orgánicas de mayor peso molecular tales como aceites de triglicéridos. El licor fraccionado 145 puede redirigirse a la Etapa de acabado de aceite 140 para su procesamiento de una manera similar al licor orgánico 500.

Los productos químicos especiales 143 son normalmente compuestos orgánicos tales como ácidos grasos, ésteres de ácidos grasos, amidas de ácidos grasos o una gama de aminoácidos. Preferentemente, los productos químicos especiales 143 son ácidos grasos. Más Preferentemente, los productos químicos especiales 143 son ácidos grasos en el intervalo C_{12-20} . Incluso más preferentemente, los productos químicos especiales 143 son ácidos grasos en el intervalo C_{16-20} . Cuando los productos químicos especiales 143 son amidas de ácidos grasos y ésteres de ácidos grasos, se forman normalmente por reacción con ácidos grasos. Los productos químicos especiales 143 resultantes de una materia prima tal como despojos de pavo pueden encontrar aplicación como lubricantes y revestimientos y pinturas.

En la Etapa de acabado de aceite 140, el contenido de agua del licor orgánico 500 es casi cero, de modo que las condiciones de la Etapa de acabado de aceite son tales que las moléculas orgánicas restantes se descomponen en gran medida mediante la aplicación de una alta temperatura, en lugar de por hidrólisis por exceso o adición de agua o vapor. Las condiciones típicas para llevar a cabo la Etapa de acabado de aceite son de aproximadamente 400 °C, como se puede obtener en un reactor de Etapa de acabado de aceite u otro recipiente. La temperatura óptima variará de acuerdo con las condiciones generales de reacción. La Etapa de acabado de aceite normalmente tarda de 5 minutos a 120 minutos, aunque el tiempo exacto variará de acuerdo con el tipo de reactor empleado. En la práctica, las diversas fases del licor pasan cantidades variables de tiempo en el reactor de Etapa de acabado de aceite. Por ejemplo, los vapores pasan relativamente rápido y los líquidos tardan más. La salida de la Etapa de acabado de aceite comprende, por separado, una mezcla de vapor de hidrocarburo y gases 148, donde los gases no hidrocarbonados pueden incluir dióxido de carbono, CO, y compuestos que contienen nitrógeno y azufre, y sólidos de carbono 142. Los sólidos de carbono 142 se parecen preferentemente a coque de alta calidad. La mezcla de vapor de hidrocarburo y gases 148 contiene normalmente vapor de aceite. Las condiciones de la Etapa de acabado de aceite se seleccionan preferentemente para optimizar la pureza de los sólidos de carbono 142, así como la mezcla de vapor de hidrocarburo y gases 148. El enfriamiento rápido de los vapores calientes, como la mezcla de vapor de hidrocarburo y gases 148, detiene las reacciones y minimiza la carbonización después de la Etapa de acabado de aceite. El enfriamiento rápido de los vapores se puede lograr dirigiendo los vapores a un tambor lleno de agua o mediante múltiples etapas de enfriamiento usando fluidos térmicos y medios de enfriamiento. Cuando se emplean tales etapas múltiples de enfriamiento rápido, es ventajoso realizar múltiples cortes (diésel, gasolina, etc.) del aceite de modo que las diversas fracciones puedan derivarse a aplicaciones comerciales separadas. Alternativamente, el vapor de aceite se puede enfriar en presencia del licor orgánico entrante, facilitando así la recuperación de energía.

En general, la Etapa de acabado de aceite se lleva a cabo a temperaturas en el intervalo de 310 °C a 510 °C, de modo que se puede lograr al menos una de las siguientes dos transformaciones. Primero, los ácidos grasos se descomponen en hidrocarburos. Esto se puede lograr eliminando el grupo carboxilo de cada molécula de ácido graso a temperaturas en el intervalo de 316-400 °C. En segundo lugar, las propias moléculas de hidrocarburos se "craquean" para formar una distribución de moléculas de pesos moleculares más bajos, un proceso que puede suceder en el intervalo de 450-510 °C. Normalmente, sin embargo, el craqueo de hidrocarburos se produce a temperaturas superiores a 480 °C. Preferentemente, la Etapa de acabado de aceite se lleva a cabo a una temperatura más alta que la de la Etapa de hidrólisis. Se entenderá que las temperaturas descritas en el presente documento aplicables a la Etapa de acabado de aceite podrían variar. Por ejemplo, la Etapa de acabado de aceite puede llevarse a cabo eficazmente en el intervalo de temperatura de 300-525 °C, así como en el intervalo de 400-600 °C. La temperatura del reactor de Etapa de acabado de aceite puede estar entre 400 °C y 510 °C.

Además, el reactor de Etapa de acabado de aceite puede estar ligeramente presurizado, a una presión entre aproximadamente 103 kPa (15 psig) y aproximadamente 483 kPa (70 psig), es decir, desde 103 kPa (15 psi) por encima de la presión atmosférica, a 483 kPa (70 psi) por encima de la presión atmosférica. Preferentemente, la

presión en el reactor de Etapa de acabado de aceites es inferior a la del reactor de Etapa de hidrólisis.

Cualquier sólido de carbono 142 que se genere en la Etapa de acabado de aceite se pasa normalmente primero a un enfriador 630 de sólidos de carbono en el que se deja que el carbono pierda su calor residual. Después de enfriar, los sólidos de carbono 142 se pasan al almacenamiento de carbono 540 y se pueden vender para una serie de aplicaciones útiles. Por ejemplo, el carbono puede venderse como una "enmienda del suelo" para su uso en la horticultura doméstica porque muchas de las bacterias en el suelo necesitan una fuente de carbono. En particular, el carbono que se produce es de una calidad similar a muchas formas de "carbón activado" y, por lo tanto también puede encontrar aplicación como material para absorber las emisiones de vapor en automóviles, o para su uso en filtros de agua domésticos. Además, el carbono, debido a su nivel de pureza, puede encontrar aplicación como combustible sólido, como el carbón, pero sin la desventaja de producir emisiones nocivas derivadas de la combustión de los contaminantes que se encuentran normalmente en productos de carbón. Además, muchos productos tóxicos ambientales pueden neutralizarse en una matriz de suelo mediante el uso de un aditivo de carbono como los sólidos de carbono que resulta del proceso de la presente invención.

En lugar de, o además de los sólidos de carbono 142, un producto útil generado por el proceso puede ser carbón limpio. El carbón limpio se genera cuando la materia prima es carbón bruto. Se ha descubierto que los materiales finos de carbón producidos por el proceso están ventajosamente más exentos de contaminantes que contienen azufre y cloro que el carbón bruto normalmente disponible. Estas propiedades del carbón generado por el proceso las convierten en particularmente atractivas como fuentes de combustible de combustión limpia.

La mezcla de vapor de hidrocarburo y gases 148 producida por el reactor Etapa de acabado de aceite se dirige normalmente a un enfriador/condensador 850 que separa la mezcla en combustible gaseoso 146 y un aceite de hidrocarburo 144. El combustible gaseoso 146 tiene poder calorífico y puede en sí mismo ser redistribuido internamente dentro del proceso con el fin de proporcionar energía para el calentamiento en diversas etapas o puede usarse para producir energía eléctrica u otras formas de energía para uso externo o interno. El aceite 144 normalmente comprende hidrocarburos cuyas cadenas de carbono tienen 20 o menos átomos de carbono. A este respecto, la mezcla se asemeja a los componentes más ligeros de un fueloil, como un aceite diésel de grado n.º 2. Tal producto también es comercializable. Debe entenderse, sin embargo, que la composición precisa del aceite 144 depende de la materia prima y también de las condiciones de reacción de la Etapa de acabado de aceite. Por lo tanto, el aceite puede comprender parafinas, α -olefinas y compuestos aromáticos, así como hidrocarburos alifáticos saturados. Por ejemplo, la composición del aceite obtenida cuando la materia prima se compone de neumáticos es diferente de la composición obtenida cuando la materia prima es despojos de pavo. Se ha encontrado que el aceite resultante de materias primas que tienen un alto contenido de grasa es rico en olefinas y diolefinas. Si no se desean, dichas olefinas pueden eliminarse del aceite por resaturación o por diversos métodos de separación familiares para un experto en la técnica.

Cuando la materia prima bruta es un neumático, se ha descubierto que el aceite de la etapa final obtenido del hidrocarburo 144 -en este caso hidrocarburos derivados de neumáticos- es un disolvente superior para neumáticos en comparación con otros disolventes actualmente utilizados en la técnica. Siguiendo un principio general de la química que dice "semejante disuelve a semejante", dado que el aceite de la etapa final procede en última instancia de neumáticos, su naturaleza química es similar a la de los neumáticos originales, por lo que es un buen disolvente para ellos. Cuando la Alimentación bruta utilizada en el proceso comprende neumáticos, al menos algunos de los hidrocarburos derivados de los neumáticos se redirigen a la alimentación bruta de entrada para ayudar a disolverla antes o durante la preparación de la suspensión. Normalmente, los hidrocarburos derivados de neumáticos tienen un intervalo de ebullición de 100 °C a 350 °C. Los hidrocarburos derivados de neumáticos pueden calentarse antes de su aplicación a los neumáticos. Los hidrocarburos derivados de neumático se pueden aplicar a los neumáticos y la mezcla se calienta a una temperatura entre 200 °C y 350 °C. El uso del producto de aceite de la etapa final elimina los costes recurrentes de otros disolventes y completa las cantidades de los mismos. El espectro completo de componentes del aceite de la etapa final, o solo una parte de estos componentes, puede usarse para disolver neumáticos. Preferentemente, todos los hidrocarburos derivados de neumáticos se redirigen a la alimentación bruta de entrada. Solamente el aceite pesado de la etapa final puede redirigirse de esta manera. Si se usa una parte de los componentes, la separación del disolvente en partes puede tener lugar durante el procesamiento de la etapa final o el procesamiento de la primera etapa. El uso del producto de aceite final como disolvente hace que el proceso sea mucho más económico que otros enfoques. Como este aceite normalmente no estará disponible para que el primer lote de neumáticos se procese en una ocasión dada, se puede emplear adicionalmente otro disolvente para ayudar con la descomposición inicial de los neumáticos. Tal disolvente es tolueno; otros son conocidos por los expertos en la técnica.

Cuando la Alimentación bruta es fango de aguas residuales urbanas, es preferible facilitar la separación de los materiales orgánicos de los inorgánicos. Por consiguiente, parte del aceite de hidrocarburo 144, en este caso hidrocarburos bioderivados, puede redirigirse a la alimentación bruta o al producto de la Etapa de hidrólisis, para ayudar a flotar el material. Se pueden usar materiales tales como grasa de colectores, como la que se obtiene de venteros de restaurantes de comida rápida, por ejemplo. El principio subyacente a la flotación del material es que se introduce un material más liviano que el agua en la Alimentación bruta, o el producto de la Etapa de hidrólisis, para ayudar a flotar los materiales orgánicos más pesados que el agua, facilitando la separación de materiales orgánicos

e inorgánicos. El resultado es un fango que es más fácil de centrifugar de ser otro el caso.

Una ventaja adicional del proceso es que todos los productos están exentos de ADN y de patógenos. Es decir, están exentos de materiales patológicos que se derivan de células animales, bacterias, virus o priones. Dichos materiales no sobreviven al proceso intactos. Este es un resultado importante porque no hay riesgo de usar ninguno de los productos del proceso en aplicaciones agrícolas en las que existe el peligro de que tales moléculas puedan volver a entrar en la cadena alimentaria.

Un aparato para convertir el producto líquido reaccionado de la etapa de separación, tal como un licor orgánico, en una mezcla de hidrocarburos, y sólidos de carbono, es un reactor de Etapa de acabado de aceite adecuado para usar con el proceso. Como se muestra en la figura 6, un reactor 600 de Etapa de acabado de aceite preferido puede comprender un calentador 610 para calentar el licor orgánico, produciendo de este modo una mezcla de aceite líquido y vaporizado; un reactor 620 para convertir la mezcla de aceite líquido y vaporizado en sólidos de carbono 142, y una mezcla de vapor de hidrocarburo y gases 148; un primer enfriador 630 para aceptar los sólidos de carbono 142; y un segundo enfriador 640 para aceptar el vapor y los gases de hidrocarburo. El reactor de Etapa de acabado de aceite 600 puede comprender adicionalmente un separador fluido-sólido 624 que se comunica con el reactor 620 para separar el vapor de hidrocarburo y los gases 148 de los sólidos de carbono 142.

El calentador 610 es preferentemente eficaz y compacto, comprendiendo una gran cantidad de tubos internos que dan lugar a una elevada área superficial para el intercambio de calor. El calentador 610 es normalmente un "calentador de llama". El calentador 610 normalmente tiene una entrada para aceptar licor orgánico y vapor 602, y una salida para dirigir la mezcla licor/vapor orgánico calentada al reactor 620. El vapor 602 en una cantidad de aproximadamente 2-5 % en peso acompaña al licor orgánico cuando entra en el calentador 610. Esta cantidad de vapor ayuda a calentar uniformemente y previene la acumulación de residuos en el interior del calentador. Se pueden usar uno o más precalentadores para calentar el licor orgánico 500 antes de mezclarlo con vapor y/o transferirlo al calentador 610. La presión de la Etapa de acabado de aceite se trasmite mediante un sistema de bomba después del almacenamiento 500.

El reactor 620 preferentemente comprende al menos un transportador de tornillo calentado, y tiene una entrada y una salida configuradas, respectivamente, para aceptar una mezcla calentada de aceite líquido y vaporizado del calentador 610, y dirigir sólidos de carbono y una mezcla de hidrocarburos y gases a un separador fluido-sólido. La mezcla calentada de aceite líquido y vaporizado con vapor de agua se pasa al reactor 620 donde se divide en sólidos de carbono, y una mezcla de gases hidrocarbonados que preferentemente contienen componentes de aceite y combustible gaseoso. Normalmente, los sólidos de carbono producidos ascienden a aproximadamente 10 % en peso de la mezcla de aceite líquido y vaporizado. Dependiendo de los componentes de la materia prima bruta, los sólidos de carbono producidos pueden estar entre aproximadamente 5 % y aproximadamente 20 % en peso de la mezcla de aceite líquido y vaporizado. Para evitar la acumulación de exceso de sólidos de carbono en el reactor 620, se puede ajustar la cantidad de materia prima procesada.

Un transportador de tornillo es adecuado para producir sólidos de carbono y una mezcla de hidrocarburos porque permite el control del tiempo de residencia y de la temperatura del licor orgánico entrante, y porque permite una separación eficaz de los sólidos de carbono y los productos volátiles. Preferentemente, las dimensiones del transportador de tornillo se seleccionan de manera que se optimice la pureza de la mezcla de hidrocarburos resultante y los sólidos de carbono. Por ejemplo, el diámetro de la sección transversal del transportador de tornillo determina principalmente la velocidad de flujo de vapores a través del mismo. Preferentemente, la velocidad de flujo no es tan alta para que el polvo se arrastre con los vapores para producir una mezcla de hidrocarburos impura. El tiempo de residencia de la mezcla calentada de licor orgánico, vapores y vapor, a medida que reacciona, también determina el tamaño del transportador de tornillo. Preferentemente, el reactor de Etapa de acabado de aceite puede procesar al menos 1.000 toneladas de licor orgánico por día.

Preferentemente, el reactor 600 de Etapa de acabado de aceite incluye un separador fluido-sólido que se comunica con la salida del reactor 620. El separador fluido-sólido preferentemente tiene una primera salida para hidrocarburos y gases, y una segunda salida para sólidos de carbono. Parte del combustible gaseoso de la mezcla de hidrocarburos y gases se devuelve preferentemente al calentador 610 y se quema para ayudar a mantener la temperatura en el calentador, fomentando así la eficacia general del proceso de la presente invención.

Los sólidos de carbono -a menudo a una temperatura tan alta como 500 °C- se dirigen a un primer refrigerador 630 de sólidos de carbón, que preferentemente es un transportador de tornillo para enfriamiento que se comunica con el reactor a través de un dispositivo de bloqueo de aire, u opcionalmente el separador de fluido líquido. Se puede emplear más de un transportador de tornillo 630 para enfriamiento. Es preferible introducir agua 632 en el refrigerador de sólidos de carbono 630 para ayudar en el proceso de enfriamiento. Los sólidos de carbono se transfieren a un sistema de almacenamiento de producto terminado 650, opcionalmente a través de un transportador de tornillo para transferencia o algún otro dispositivo de transporte tal como un elevador de cangilones 654 o a otro calentador/reactor para activar los sólidos de carbono.

El segundo enfriador 640 para aceptar la mezcla de vapor de hidrocarburo y gases comprende preferentemente un

separador de partículas de carbono para separar cualquier resto de sólidos de carbono y devolverlos al reactor 620.

El reactor de Etapa de acabado de aceite preferido en la figura 6 es ventajoso porque el transportador de tornillo permite que el craqueo térmico de los hidrocarburos del licor orgánico calentado se lleve a cabo de forma continua, sin la consecuente acumulación de sólidos de carbono que normalmente está asociada con el craqueo. Otros dispositivos, tales como "coquizadores retardados" utilizados en el refino petroquímico, son conocidos por los expertos en la técnica para lograr el craqueo térmico de los hidrocarburos y lograr el craqueo a una escala mucho mayor que el reactor de la figura 6, pero acompañan el craqueo con una acumulación de sólidos de carbono en el interior de las paredes del reactor. Esta acumulación debe eliminarse periódicamente, lo que requiere un tiempo de inactividad significativo o incluso el reemplazo de un recipiente del reactor. Sin embargo, tales aparatos podrían considerarse viables para lograr la reacción de la Etapa de acabado de aceite, dependiendo de las condiciones económicas imperantes. Un coquizador retardado generaría una distribución diferente de los productos del reactor de la figura 6. Por ejemplo, un coquizador retardado inicialmente descarboxilará las moléculas de ácidos grasos para dar hidrocarburos que luego se craquearán adicionalmente para dar hidrocarburos de cadena más corta.

Además de un aparato de coquefacción retardado, la reacción de la Etapa de acabado de aceite también se puede realizar con otros aparatos adaptados adecuadamente a la misma. Ejemplos de aparatos y procesos adecuados se pueden encontrar en *Chemistry of Petrochemical Processes*, 2ª Ed., S. Matar y L. F. Hatch, (Gulf Professional Publishing, 2001), en particular en el Capítulo 3. Los procesos adecuados son normalmente de dos tipos, térmico, tal como se consigue con un hidrotizador, o catalítico, tal como se consigue con un craqueador catalítico fluidizado.

Los procesos de conversión térmica incluyen, principalmente, procesos de coquefacción, ruptura de viscosidad y craqueo por vapor. Los procesos de coquefacción se suelen aplicar a fracciones más pesadas, como las que tienen un alto contenido de asfaltenos. Los procesos de coquefacción producen gases de hidrocarburo, predominantemente de naturaleza altamente insaturada, nafta craqueada, destilados intermedios y coque. Los componentes gaseosos y líquidos se someten normalmente a hidrotatamiento para saturar y desulfurar los diversos productos. Las reacciones básicas que subyacen al craqueo térmico se basan en la fisión homolítica de enlaces carbono-carbono para producir pares de radicales alquilo. Cada radical alquilo tiende a craquearse aún más, produciendo un alqueno, o para abstraer un átomo de hidrógeno de otro hidrocarburo, produciendo así otro radical alquilo. Los productos de reacción, en general, tienden a no ser hidrocarburos ramificados, principalmente porque los radicales alquilo por sí mismos no se isomerizan.

Existen dos tipos principales de procesos de craqueo térmico: coquefacción retardada y coquefacción en medio fluido. En la coquefacción retardada, el sistema del reactor tiene un calentador de tiempo de contacto corto acoplado a un tambor grande que empapa lotes de alimentación precalentada. Los vapores de la parte superior del tambor se derivan a un fraccionador para su separación en gases, nafta, queroseno y gasóleo. Las condiciones de funcionamiento son normalmente 172-207 kPa (25-30 psi) a 480-500 °C. Se puede obtener un rendimiento mejorado del producto líquido operando a presiones más bajas tales como 103 kPa (15 psi). Las condiciones de alta temperatura producen más coque y gas pero menos producto líquido. Aunque la calidad del coque se determina en última instancia por la calidad de la alimentación, también puede estar sujeta a variaciones en el tamaño del tambor, la velocidad de calentamiento, el tiempo de remojo, la presión y la temperatura de reacción final. Cuando el tambor se llena de coque, el flujo de alimentación del lote se deriva a un segundo tambor, de modo que el primer tambor se puede vaciar o "descoquizar". Por lo general, la coquefacción de un tambor se puede lograr con un sistema de chorros hidráulicos que dirigen agua a al menos 20.684 kPa (3.000 psi) de presión al interior del coque. Un experto en la materia es capaz de implementar un aparato de coquefacción retardada para llevar a cabo la reacción de la Etapa de acabado de aceite. En la coquefacción en medio fluido, el coque producido se utiliza para alimentar la reacción de craqueo. El coque fluido se produce pulverizando la alimentación caliente sobre partículas de coque previamente formadas en un reactor de lecho fluidizado. La temperatura del reactor es normalmente de 520 °C. Este proceso tiene un inconveniente principal en que no reduce el contenido de azufre del coque. Se prefiere una variante de coquefacción en medio fluido, denominada como "Flexicoquefacción", porque emplea gasificación de coque junto con coquefacción en medio fluido. La implementación de un coquizador en medio fluido y un aparato de flexicoquefacción para realizar la reacción de la Etapa de acabado de aceite está dentro de la capacidad de un experto en la técnica.

La ruptura de la viscosidad es un proceso suave aplicado a las materias primas de alta viscosidad a craquear térmicamente, tales como la que contienen materiales cerúleos, para formar mezclas de productos menos viscosos. Normalmente, la rotura de la viscosidad utiliza una temperatura de 450 °C y tiempos de calentamiento cortos. Sería útil emplearlo en situaciones en las que el licor orgánico de la etapa de separación sea particularmente viscoso.

Los procesos catalíticos para convertir mezclas de hidrocarburos incluyen muchos procesos diferentes familiares para un experto en la técnica. Los ejemplos incluyen reformado catalítico (especialmente cuando se aplica a nafta), craqueo catalítico, hidrocrqueo, hidrodeshalquilación, isomerización, alquilación y polimerización. Algunos procesos de hidrotatamiento, también mencionados aquí, emplean uno o más catalizadores. Cada uno de estos procesos catalíticos, y sus aparatos, pueden ser adaptados por un experto en la técnica para llevar a cabo la reacción de la Etapa de acabado de aceite. El craqueo catalítico es particularmente adecuado para llevar a cabo la reacción de la Etapa de acabado de aceite. El craqueo catalítico craquea materias primas de menor valor para producir destilados

- ligeros y medios de mayor valor, así como gases de hidrocarburos ligeros. Los catalizadores típicos empleados en el craqueo catalítico son aluminosilice amorfa sintética, con o sin zeolitas. Dado que estos catalizadores fomentan reacciones de isomerización para formar ion carbonio durante las reacciones, y como los iones carbonio tienden a sufrir reordenamientos espontáneos rápidos, pero también son de vida más larga y son más selectivos en su reactividad, la distribución del producto tiende a tener más hidrocarburos ramificados y menos productos insaturados que los obtenidos por craqueo térmico. Esto es beneficioso, ya que los productos ramificados tienden a mejorar el índice de octano de la mezcla de hidrocarburos producida, y porque los productos saturados tienden a ser más estables que sus análogos insaturados.
- El craqueo catalítico normalmente emplea un lecho fluido o, con menos frecuencia, un lecho móvil. En un proceso de lecho fluidizado, la alimentación precalentada entra en un reactor junto con catalizador regenerado caliente. El catalizador se emplea como un polvo altamente poroso. Las condiciones en el reactor son normalmente 450-520 °C, y una presión de aproximadamente 69-138 kPa (10-20 psig). Los craqueadores catalíticos fluidizados normalmente producen hidrocarburos insaturados ligeros (C₃-C⁵), gasolinas con alto índice de octano, gasóleos y alquitrán. Los rendimientos de gas y gasolina mejoran aplicando temperaturas más altas, tiempos de residencia más largos y mayor relación de catalizador/aceite. También es consecuente que la Etapa de acabado de aceite se puede lograr con "craqueo catalítico profundo". Este método es ventajoso porque produce un alto rendimiento de hidrocarburos insaturados ligeros.
- En los procesos de lecho móvil, el catalizador está en forma de perlas calientes que descienden por gravedad a través de la alimentación hacia una zona de regeneración del catalizador. Este método produce una mezcla de gases de hidrocarburos ligeros saturados e insaturados, y un producto de gasolina que es rico en compuestos aromáticos y parafinas ramificadas.
- Adicionalmente, la reacción de la Etapa de acabado de aceite puede emplear un proceso de hidrocraqueo, que es esencialmente un craqueo catalítico en presencia de hidrógeno. Este proceso proporciona productos de hidrocarburo predominantemente saturados.
- Otros métodos adicionales para lograr la reacción de la Etapa de acabado de aceite se han descrito en "Liquid hydrocarbon fuels from biomass", D. C. Elliott, y G. F. Schiefelbein, *Amer. Chem. Soc. Div. Fuel. Chem. Preprints*, 34, 1160-1166, (1989).
- Una versión modificada del proceso puede usarse para inyectar vapor en depósitos subterráneos de arenas bituminosas y luego refinar los depósitos para dar aceites ligeros en la superficie, haciendo que este recurso abundante y de difícil acceso esté mucho más disponible. Los experimentos también indican que el proceso de la presente invención puede extraer azufre, mercurio, nafta y olefinas -todos los productos comercializables- a partir del carbón, lo que hace que el carbón sea más interesante y más limpio. El pretratamiento a través del proceso de la presente invención también hace que algunos carbones sean más friables, por lo que se necesita menos energía para triturarlos antes de la combustión en las plantas generadoras de electricidad.
- Para algunas materias primas, el proceso emplea un dispositivo para separar sólidos en suspensión finos de un fluido como parte de la etapa de preparación de la alimentación. Además, muchas otras aplicaciones industriales y comerciales requieren que los sólidos en suspensión se separen de un líquido. La figura 7 ilustra un dispositivo de separación 700 que es útil para tales separaciones. Otro ejemplo que requiere la separación de una suspensión sólida es la separación de glóbulos rojos y blancos de la sangre completa. Cuando el tamaño de las partículas sólidas suspendidas es grande, o su densidad es significativamente diferente a la del fluido, existen muchos tipos diferentes de aparatos que pueden separarlas. Por ejemplo, los filtros de muchas configuraciones diferentes con aberturas más pequeñas que las partículas sólidas suspendidas pueden usarse para material sólido que no se deforma significativamente bajo tensión. Los clarificadores, las cámaras de sedimentación y los ciclones simples se pueden usar eficazmente cuando existe una diferencia de densidad significativa entre las partículas sólidas y el fluido. A medida que el tamaño o la diferencia de densidad se reducen, los dispositivos activos que usan fuerzas centrífugas pueden ser eficaces. Sin embargo, la eficacia de todos estos dispositivos de separación disminuye drásticamente para tamaños de partícula muy pequeños con material deformable que tiene una densidad solo ligeramente diferente de la del fluido de suspensión. Una aplicación en la que los sólidos en suspensión son pequeños, deformables y tienen una pequeña diferencia de densidad es el fango de aguas residuales urbanas (FAR). El material suspendido en el FAR consiste principalmente en material celular y restos celulares de bacterias y normalmente tiene dimensiones de aproximadamente 1 micrómetro. Este material es deformable y tiene una densidad eficaz comprendida en el 10 % de la del medio acuoso de suspensión. La separación de este material sólido del agua es una etapa preferida en la preparación de FAR como materia prima para el proceso. Dicha separación puede lograrse mediante el uso de centrifugas; sin embargo, se puede utilizar el dispositivo de separación 700. Es preferible emplear un dispositivo separador 700, como se ilustra en la figura 7, para separar componentes sólidos y líquidos de una alimentación bruta tal como FAR, antes de un procesamiento posterior mediante los métodos. Dicho dispositivo también se puede aplicar a otros fangos de aguas residuales industriales o comerciales cuyas partículas sólidas sean deformables, o cuya densidad efectiva está dentro de aproximadamente 10 % de la de la fase líquida.

El dispositivo 700 preferentemente comprende una carcasa 702 que contiene un conjunto giratorio 704 montado en una cámara interna 706 que tiene una forma troncocónica. La forma de la cámara interna 706 comprende normalmente una sección troncocónica que tiene un ángulo de inclinación, con secciones adicionales en la base y/o en la parte superior del tronco que alojan otras partes del conjunto giratorio 704. La carcasa 702 comprende preferentemente una parte inferior 714 de la estructura giratoria y una parte superior 716 de la estructura giratoria que están unidas entre sí, y que encierran el conjunto 704. El dispositivo separador 700 comprende además una entrada 710 y una primera salida 730 que se comunican con la cámara interna, y una segunda salida 750. La entrada 710 permite la introducción del fluido que contiene los sólidos suspendidos en un espacio anular 712 entre una pared interior estacionaria 720 de la cámara interna, y el conjunto giratorio.

El conjunto giratorio comprende un cilindro de forma troncocónica con un interior hueco, que está compuesto preferentemente por el fondo 722 de la estructura giratoria, conectado a una pared cilíndrica 724 cónica que a su vez está conectada a la parte superior 718 de la estructura giratoria. El conjunto giratorio está montado concéntricamente en un eje longitudinal 736 de un husillo 726 hueco que gira a velocidades normalmente en el intervalo de aproximadamente 1.000 r.p.m. a aproximadamente 50.000 r.p.m. Para la separación del FAR, la velocidad de rotación puede ser de aproximadamente 10.000 r.p.m. Preferentemente, la velocidad de rotación se selecciona para minimizar el flujo caótico. El conjunto giratorio es cónico para que el área eficaz de la sección transversal disminuya a medida que se reduce la anchura. Normalmente, el ángulo de inclinación está entre aproximadamente 1° y aproximadamente 10°. El ángulo de inclinación puede estar entre aproximadamente 2° y aproximadamente 2,5°, y es incluso más preferentemente de aproximadamente 2,25°. El interior hueco del conjunto giratorio se comunica con una segunda salida 750.

Preferentemente hay un diferencial de presión entre la entrada 710 y el interior del dispositivo separador 700. Normalmente, esta diferencia de presión está entre aproximadamente 21-1034 kPa (3-150 psi) y está controlada por dos bombas (no mostradas en la figura 7).

El caudal volumétrico para separadores de diferentes tamaños se escalará según el área de superficie del cilindro giratorio. Preferentemente, la entrada y el espacio anular están configurados para proporcionar un caudal entre aproximadamente 1 y aproximadamente 200 galones por minuto. Más preferentemente, el caudal está entre 4 y 757 l/min (1 y 20 galones por minuto). Incluso más preferentemente para manejar FAR, el caudal es aproximadamente 38 l/min (10 galones por minuto).

La pared 724 del conjunto giratorio está perforada. El tamaño de poro en la pared 724 está comprendido normalmente entre aproximadamente 1 y aproximadamente 200 micrómetros. Preferentemente, el tamaño de poro es de aproximadamente 50 micrómetros. La pared 724 está hecha preferentemente de un material plástico tal como HDPE o cualquier otro material que no sea higroscópico, para evitar el cierre de los poros durante el funcionamiento.

El fluido y el material suspendido fluyen a lo largo del conducto anular 712 en una dirección generalmente axial, mientras que una parte del fluido fluye a través de la pared giratoria perforada 724 al interior hueco 728 del cilindro. El interior hueco 728 se comunica con el husillo hueco 726 a través de la entrada 732 del husillo. Se evita que la mayoría de las partículas suspendidas fluyan con el fluido a través del cilindro perforado debido a las fuerzas de cizallamiento y centrífugas en la superficie del cilindro giratorio. La velocidad de rotación del cilindro configura eficazmente las fuerzas de cizalla y centrífugas sobre las partículas suspendidas, y así puede usarse para controlar el tamaño mínimo de la partícula cuyo paso a través del cilindro perforado siguiendo el fluido se puede evitar. El agua y las partículas que fluyen hacia el interior del cilindro 728 fluyen posteriormente a través de la entrada del husillo 732 al centro del husillo hueco 726, y fluyen hacia la salida 734 del husillo antes de descargarse a través de una segunda salida 750.

El material del conducto anular 712 sigue una trayectoria de flujo en espiral estrecha en respuesta al movimiento del cilindro giratorio. Preferentemente, el espesor del pasaje anular 712 es constante a lo largo de su longitud. Para algunas aplicaciones, este espacio anular puede variar de arriba hacia abajo. Las variaciones en el espacio anular pueden transmitir condiciones de flujo cerca de la superficie perforada del huso. Se proporciona una primera salida 730 para descargar la corriente de fluido ahora concentrada en el extremo del conducto anular alejado de la entrada.

El funcionamiento del dispositivo de la figura 7 es preferentemente independiente de la orientación. El eje del cilindro ahusado puede estar orientado verticalmente con la primera salida 730 en la parte inferior.

Una ventaja del dispositivo de la figura 7 frente a otros dispositivos de separación conocidos en la técnica es que puede procesar fangos con un amplio intervalo de características de partículas, incluyendo en particular aquellos con sólidos suspendidos deformables en el intervalo de tamaño por debajo de 1 micrómetro o los que tienen densidades dentro del 10 % del fluido de suspensión. El espacio anular y el tamaño de poro en la pared 724 pueden configurarse para separar una suspensión de fango de aguas residuales urbanas. Muchos de estos separadores se pueden usar en paralelo para lograr una separación de alto rendimiento de una materia prima bruta.

Debe entenderse que el separador 700 representado en la figura 7 no está dibujado exactamente a escala, aunque los diversos elementos están en proporción aproximada entre sí. De este modo, el separador 700 puede construirse

- de acuerdo con los principios ordinarios familiares para un experto habitual en la técnica de la ingeniería y el diseño mecánicos. El diámetro exterior de la parte inferior 722 del husillo tiene aproximadamente 5 cm (2"), y el diámetro exterior de la parte superior 718 del husillo puede tener aproximadamente 5,6 cm (2,2"). La longitud preferida de la parte inferior 714 de la estructura giratoria está entre 17,8 cm (7") y 20 cm (8"). La longitud preferida de la pared giratoria 724 está entre 10 cm (4") y 15 cm (6"), y su espesor preferido es preferentemente constante a lo largo de su longitud y tiene 3,8 cm (1,5"). El diámetro preferido de la salida 730 en este tipo de huso tiene aproximadamente 2 cm (0,8") y el diámetro exterior del fondo de la estructura giratoria tiene preferentemente aproximadamente 7,6 cm (3"). El diámetro exterior de la parte superior de la estructura giratorio tiene preferentemente aproximadamente 10 cm (4"). El husillo 726 está hueco y tiene, preferentemente, un diámetro interior de aproximadamente 0,64 cm (0,25"). El diámetro exterior del husillo 726 puede variar a lo largo de su longitud y puede estar entre 1,3 cm (0,5") y aproximadamente 1,9 cm (0,75"). La distancia entre la entrada 732 del husillo y la salida 734 del husillo puede ser de aproximadamente 15 cm (6") en una realización de este tipo. El espesor del conducto anular 712 es preferentemente de 0,13 a 1,27 cm (0,05 a 0,50 pulgadas).
- 15 Las dimensiones preferidas presentadas en este documento deben tomarse como sola ilustración y, de acuerdo con la elección del diseño y el rendimiento deseado, un ingeniero mecánico de experiencia ordinaria en la técnica podría escalar hacia arriba o hacia abajo el tamaño de los diversos elementos del separador 700 para lograr la eficacia operativa.
- 20 El aparato global para llevar a cabo el proceso de la presente descripción está provisto preferentemente de un sistema de control informático que comprende controladores simples para válvulas, bombas y temperaturas. El desarrollo de dicho sistema está dentro de la capacidad de un experto en la técnica de la ingeniería de control de procesos informáticos.
- 25 El aparato puede escalarse de acuerdo con las necesidades. Por ejemplo, se pueden imaginar plantas que manejan miles de toneladas de residuos por día, mientras que también se pueden construir plantas portátiles que podrían transportarse en la parte posterior de un camión de plataforma y que podrían manejar solo una tonelada de desechos por día.
- 30 Los siguientes ejemplos se proporcionan para ilustrar métodos y materiales de la presente invención.

Ejemplos

Ejemplo 1: PLANTA PILOTO - Procesamiento de residuos de trituración

35 Se ha construido una planta piloto empleando procesos de la presente invención. De acuerdo con una aplicación a modo de ejemplo de la planta piloto, la materia prima experimental fue residuo de trituración. De los 1360 kg (3000 lb) de material RT recibidos para esta prueba piloto, se eliminaron 486 kg (1072 lb) de suciedad/finos y se lavaron con agua caliente; 324 kg (715,5 lb) de RT exento de partículas finas se procesaron en la unidad de despolimerización, y 550 kg (1212,5 lb) de RT exento de partículas finas quedaron retenidos para futuras pruebas. El material RT exento de partículas finas se procesó en la unidad de despolimerización junto con 36 kg (79,5 lb) de neumáticos triturados y aproximadamente 788 kg (1741 lb) de aceite de motor usado. Se enviaron muestras de los diversos productos para su análisis a fin de determinar el destino de los metales pesados y de contaminantes tales como PCB y cloro.

45 En función de los resultados de los análisis de muestras comparativas, se encontró que los PCB se redujeron en un orden de magnitud, de 35-65 ppm a menos de 2 ppm.

50 El craqueo térmico de este aceite hidrolizado se realizó en reactores a escala de laboratorio para simular un proceso típico de refinería de petróleo para la fabricación de combustibles para el transporte. El aceite hidrolizado producido por el procedimiento de la invención se craqueó a temperaturas cercanas a 500 °C, de forma similar a las temperaturas utilizadas en un coquizador retardado en una refinería de petróleo. Los productos producidos fueron combustibles de hidrocarburos, un combustible gaseoso y un producto de carbón sólido. La distribución de las fracciones combustible/gas/carbón fue del 84 %, 10 % y 6 %, respectivamente. Este craqueo generó gasolina, diésel y aceites de hidrocarburo de peso residual. La distribución de los productos del craqueo fue: gasolina (12 %); queroseno (38 %); diésel (32 %); petróleo pesado (15 %); y gas (3 %).

60 Se extrajo una muestra de los 1360 kg originales (3000 lb) de material RT para pruebas iniciales. Para mejorar el manejo de material del RT, el resto del RT se cribó a través de una malla vibratoria a2,6/40 de 6 cm (1/16") para eliminar la suciedad y las partículas. El material de RT contenía alrededor de 486 kg (1072 lb) de suciedad y partículas finas, que constituían aproximadamente el 36 % del total de la muestra y 1 ½ veces la cantidad prevista del análisis de la muestra inicial.

65 La suciedad y las partículas finas eliminadas en el cribado se lavaron con agua caliente y se enviaron para análisis de PCB. Una parte del material libre de partículas finas restante se procesó a través de la unidad de despolimerización a escala piloto. Otra porción se almacenó para futuras pruebas. Se introdujo una cantidad de 324

kg (715,5 lb) de material RT exento de partículas finas en la unidad de despolimerización.

Despolimerización

5 La materia prima para las pruebas de despolimerización consistió en 324 kg (715,5 lb) de RT exento de partículas finas, que se procesó junto con 36 kg (79,5 lb) de residuos de neumáticos y 790 kg (1,741 lb) de aceite de bajo valor. Esto se procesó para conseguir un gel y una matriz de aceite/sólidos pesados usando una unidad de despolimerización compuesta por un recipiente de 280 l (75 galones) capaz de operar a temperaturas de hasta 340 °C (650 °F) y presiones de hasta 690 kPa (100 psig). Para compensar la restricción de la temperatura operativa máxima a 300 °C (572 °F) de la configuración particular del equipo empleada en las pruebas piloto y la temperatura de operación del sistema de aceite caliente, el tiempo de residencia de los lotes se incrementó para ajustarse a una jornada de 8 horas. A temperaturas más altas, el proceso de despolimerización generalmente tarda menos de una hora.

15 La matriz de aceite/sólidos pesados se lavó usando combustible diésel como un disolvente conveniente produciendo una relación de 55:45 de gel extraíble y material sólido no convertido. Este gel extraíble se combinó con el gel de fácil eliminación de la unidad de despolimerización y se usó como materia prima para la Etapa de hidrólisis. De los 1150 kg (2.536 lb) de la materia prima de RT-neumáticos que se procesaron en la unidad de despolimerización, 873 kg (1.925 lb) se convirtieron en un gel de bajo contenido en ceniza. Los expertos en la técnica apreciarán que la cantidad de gel generado a partir del proceso descrito variará debido a una serie de factores, por ejemplo, la duración del ensayo y la cantidad de compuestos inorgánicos en la alimentación bruta, etc. Había aproximadamente 51 kg (113 lb) de vapores de cabeza y aproximadamente 56 kg (343 lb) de sólidos no convertibles.

25 Como se indicó anteriormente, 790 kg (1741 lb) de aceite de bajo valor también se circularon a través de la materia prima de RT/neumático que entraba a la unidad de despolimerización para aumentar significativamente la velocidad de transferencia de calor a los RT/neumáticos y acelerar el proceso de calentamiento. Aunque se usó aceite de motor residual en este caso, cualquier aceite con baja presión de vapor, incluyendo aceite reciclado generado a partir del proceso de la presente invención, puede emplearse para el mismo fin. Para mejorar aún más la fracción orgánica de la materia prima y el rendimiento final del aceite, se añadieron residuos de neumáticos a la muestra RT por su alto contenido orgánico.

35 Al final del proceso de despolimerización, el agua y el gas de la unidad se evaporaron a la presión atmosférica. La unidad se enfrió a 93 ° C (200 °F) antes de transferir el RT despolimerizado a un tanque de almacenamiento. El metal sólido y los objetos inorgánicos retenidos en la unidad de despolimerización se eliminaron una vez que el líquido se hubo drenado.

Hidrólisis

40 Se utilizó un tanque portátil y una bomba de desplazamiento positivo de alta temperatura y bajo caudal para alimentar el RT despolimerizado a dos reactores de hidrólisis. Los reactores se conectaron a un tanque receptor a través de la válvula de control de descenso de presión de la planta piloto existente. El vapor de los reactores de hidrólisis se condensó y se envió a un tanque de condensado. Los lotes de hidrólisis procesaron una parte del producto de despolimerización. Aproximadamente 363 kg (800 lb) de RT/neumáticos/aceite despolimerizados, junto con 363 kg (800 lb) de aceite de motor residual para agregar fluidez al producto de despolimerización frío, y 900 lb de agua se procesaron mediante la etapa de hidrólisis a un ritmo de 1,4 kg/min (3 lb/minuto). La mezcla se sometió a temperaturas en el un intervalo de 204 °C a 260 °C (440 °F a 500 °F). Después de la hidrólisis, el aceite procedente del residuo de trituración se vaporizó y almacenó en un tanque de destilación súbita. El procesamiento posterior a la hidrólisis incluyó la separación sólido/líquido para eliminar los sólidos residuales, como virutas de madera, y la separación líquido/líquido para eliminar el aceite del agua. Se utilizaron centrifugas en estas separaciones.

50 La eliminación casi completa de cloruro, bromuro y PCB de la materia prima de RT en la hidrólisis se muestra en las tablas siguientes. Esto muestra que el aceite producido y cualquier producto refinado a partir de este aceite, estarán virtualmente exentos de PCB, cloruros u otros haluros indeseables.

METALES PESADOS	Alimentación de RT	Despolimerizado	Aceite de hidrólisis*
		<i>Gel</i>	
Arsénico (total)	13	ND	ND/ND
Bario	370	58	13 /4,7
Cadmio (total)	13	5.5	2,7/ND
Cromo	94	4,5	ND/6,1
Cobre	4167	58	36/36
Hierro	—	1000	560/1200
Plomo	740	58	13/29

Mercurio	1,23	0,21	0,16/ND
Níquel	—	ND	ND/ND
Selenio	ND	ND	ND/ND
Plata	ND	ND	ND/ND
Zinc	5233	850	870/760

HALUROS y PCB	<i>Alimentación de RT</i>	<i>Gel despolimerizado</i>	<i>Aceite de Hidrólisis</i>
Bromo	94	133	ND/ND
Cloro	—	3200	209/118
PBC	22	31	ND/ND

Separación

- 5 Se usaron un decantador y una centrífuga líquido-líquido para la etapa de separación posterior a la hidrólisis.

Craqueo Térmico

- 10 Aproximadamente 10 litros de aceite hidrolizado procedente de RT se craquearon térmicamente en un reactor a escala de laboratorio a temperaturas cercanas a 500 °C (932 °F) en 6 lotes para producir aceite de hidrocarburo, un combustible gaseoso y un producto de carbón sólido. En la figura 12 se muestra una fotografía de la unidad de craqueo térmico a escala de laboratorio. El gas y el vapor de aceite se ventilaron durante la reacción para mantener la presión objetivo. El lote se dio por finalizado cuando se detuvo el desprendimiento de gas, según indica la presión constante del gas. La distribución de las fracciones de aceites/gas/carbono del craqueador térmico fue del 84 %, 10 % y 6 %, respectivamente. La destilación del aceite craqueado PCT produjo 12 % de combustible destilado ligero, 38 % de destilado medio, 32 % de diésel y 15 % de fuel pesado con 3 % de la alimentación en forma de gases no condensables.

<i>Corte de Destilación</i>	<i>Usos Industriales</i>	<i>Intervalo de Temperatura</i>
Destilado ligero	Gasolina; combustible de motor	122-302 °F (50-150 °C)
Destilado medio	Queroseno; combustible para aviones	302-482 °F (150-250 °C)
Diésel	Combustible Diesel; Fueloil de calefacción	482-644 °F (250-340 °C)
Fueloil pesado	Combustible industrial	644-676 °F (340-358 °C)

Combustibles Líquidos de PCT

- 25 Las características químicas y físicas del aceite de hidrólisis de PCT se enumeran en la Tabla 1 a continuación. El producto de petróleo craqueado PCT es un diésel renovable similar al combustible diésel convencional. Este diésel renovable se puede utilizar para diversos propósitos, por ejemplo, como un reemplazo directo del combustible diésel o como un componente de mezcla para el combustible diésel. El aceite craqueado PCT se puede destilar aún más para dar gasolina y otras fracciones. Las características químicas y físicas del aceite craqueado PCT se enumeran en la Tabla 2.

Tabla 1- Características de aceite de hidrólisis de PCT frente materia prima de RT.

<i>Características del Aceite de Hidrólisis de PCT</i>	
<i>Ensayo</i>	<i>PSA</i>
Densidad a 15 grados C	0,8818
Destilación, IBP °F	—
Punto de inflamación, ° C (°F)	110 (230)
Azufre, % peso	0,245
Punto de turbidez F	—
Punto de vertido	-16°F/-21°C
Viscosidad a, 40C, cSt	229,9
Viscosidad a 100C, cSt	23,13
Agua y sedimento, Vol.	18
Ceniza % peso	0,076

Residuo de Carbono, % peso	—
Índice de Cetano	—

Tabla 2 - Características de diésel renovables de PCT de materia prima de RT.

Características de Diesel Renovables de PCT (no fraccionadas)	
Ensayo	PSA
Densidad a 15 grados C	0,785
Destilación, IBP °F	36 (96)
Punto de inflamación, ° C (°F)	< 22 (<72)
Azufre % peso	0,0625
Punto de turbidez F	<-36 °C (Menor de -33 °F
Punto de vertido	Menor de -33°F (<-36 °C)
Viscosidad a, 40C, cSt	1,00
Viscosidad a 100C, cSt	TBD
Agua y Sedimento, Vol.	0,2
Contenido de Cenizas % peso	<0,001
Residuo de Carbono, % peso	0,35
Índice de Cetano	52,2

EJEMPLO 2: PLANTA PILOTO - Procesamiento de pavo

5 Se construyó una planta piloto empleando aparatos y procesos. La planta piloto puede manejar aproximadamente siete toneladas de desechos por día.

10 De acuerdo con una aplicación ilustrativa de la planta piloto, la materia prima experimental fue el residuo de la planta de procesamiento de pavo: plumas, huesos, piel, sangre, grasa, vísceras. Se introdujo una cantidad de 4556 kg (10.044 libras) de este material en la Etapa de hidrólisis del aparato: una trituradora de 350 caballos de potencia, que convierte el material en una suspensión de color marrón grisáceo. A partir de ahí, el material fluyó a una serie de tanques y tuberías que calentaron y reformaron la mezcla.

15 Dos horas más tarde, se produjo una corriente marrón clara de aceite fino y humeante. El aceite producido por este proceso es muy ligero. Las cadenas de carbono más largas son C20. El aceite producido es similar a una mezcla mitad de fueloil, mitad de gasolina.

20 El proceso demostró ser eficaz en un 85 % de energía para materias primas complejas tales como despojos de pavo. Esto significa que por cada 105,5 kJ (100 Btu.) (unidades térmicas británicas) de materia prima que entra en la planta, solo se utilizan 16 kJ (15 Btu.) para ejecutar el proceso. La eficacia es incluso mejor para materiales relativamente secos, como materias primas de alto contenido en carbono o baja en humedad, como los plásticos.

25 El reactor de la Etapa de hidrólisis comprende un tanque de aproximadamente 6 m (20 pies) de alto, 0,9 m (tres pies) de anchura, y está fuertemente aislado y envuelto con serpentines de calentamiento eléctrico. En el reactor de Etapa de hidrólisis, la materia prima se hidroliza por medio de calor y presión. Tanto las temperaturas como las presiones no son muy extremas ni requieren una gran cantidad de energía porque el agua ayuda a transportar calor a la materia prima. Por lo general, solo se tardan aproximadamente 15 minutos para que este proceso se produzca en la planta piloto.

30 Una vez que los materiales orgánicos se han calentado y se han despolimerizado parcialmente en el recipiente del reactor, comienza una segunda etapa. En esta fase, se disminuye la presión de la suspensión líquida. La rápida despresurización libera al instante aproximadamente la mitad del agua libre de la suspensión. La deshidratación por despresurización es mucho más eficaz que el calentamiento y la ebullición del agua, particularmente porque no se desperdicia calor. El agua que se ha "destilado súbitamente" se envía a través de una tubería que conduce al inicio
35 del proceso para calentar la corriente de proceso entrante.

En esta segunda etapa, los minerales se sedimentan y se derivan a tanques de almacenamiento. En los residuos de pavo, estos minerales provienen principalmente de los huesos. Los minerales salen como un polvo seco de color marrón que es rico en calcio y fósforo. Se puede usar como fertilizante porque está bien equilibrado en

micronutrientes. En particular, tiene una gama útil de micro y macronutrientes. Los minerales contienen las cantidades correctas de elementos como el calcio y el fósforo necesarios para el crecimiento y desarrollo saludable de las plantas.

5 En la planta piloto, los materiales orgánicos concentrados restantes fluyen a un reactor de Etapa de acabado de aceite y se someten al procesamiento de la Etapa de acabado de aceite, tal como se describió anteriormente. Los gases resultantes del procesamiento se usaron en la propia planta para calentar el proceso. El aceite y el carbón fluyen al almacenamiento como productos útiles de mayor valor.

10 Dependiendo de la materia prima y de los tiempos de procesamiento en la primera etapa y en la Etapa de acabado de aceite, el proceso puede fabricar otros productos químicos especiales, que se extraen en varias secciones del proceso. Los despojos de pavo, por ejemplo, pueden producir ácidos grasos para usar en jabón, neumáticos, pinturas y lubricantes.

15 **Ejemplo 3: Funcionamiento de la planta**

Se construyó una instalación a escala comercial de tamaño completo con instalaciones adicionales en desarrollo. En la capacidad máxima, la planta está diseñada para producir más de 79.500 l (500 barriles) de aceite por día, algunos de los cuales pueden devolverse al sistema para generar calor para alimentar el sistema. El aceite producido es un aceite de alta calidad del mismo grado que un aceite de calefacción n.º 2. La planta produce aproximadamente 79.500 l (21.000 galones) de agua, que es lo suficientemente limpia para descargar a un sistema de alcantarillado urbano, y también está exenta de vectores patológicos. La planta también producirá alrededor de 25 toneladas de minerales, concentrado y carbón.

25 **Ejemplo 4: Conversiones ilustrativas de materiales residuales**

La Tabla 1 muestra los productos finales, y sus proporciones, para 45 kg (100 lb) de cada uno de los siguientes materiales residuales, cuando se convierten en materiales útiles usando el proceso de la presente invención. Residuos de aguas residuales urbanas (que comprenden un 75 % de fango de alcantarillado y un 25 % de residuos de colectores de grasa); Llantas; Residuos de procesamiento de aves de corral (que comprenden órganos, huesos, sangre, plumas y grasa); Botellas de plástico (que comprenden una mezcla de tereftalato de polietileno (PET) utilizado para fabricar botellas de refrescos, y polietileno de alta densidad (PEAD) utilizado para fabricar envases de leche); Papel; Residuos médicos (proceden principalmente de hospitales y comprenden jeringas de plástico, bolsas de transfusión, gasas, envoltorios de papel y desechos húmedos); y petróleo pesado (residuos de refinería tratados con vacío y arenas bituminosas). Las cantidades de la Tabla 1 están en kg (libras).

Tabla 1

Materia Prima	Aceite	Gas	Sólidos y Concentrado	Agua
Lodo municipal de aguas residuales	12 (26)	4 (9)	3,6 (8) (carbono y sólidos minerales)*	26 (57)
Llantas	20 (44)	4,5 (10)	19 (42) (carbono y sólidos metálicos)	1,8 (4)
Residuos de procesamiento avícola	18(39)	2,7 (6)	2,3 (5) (carbono y sólidos minerales)	23 (50)
Botellas de plástico	32 (70)	7 (16)	2,7 (6) (sólidos de carbono)	3,6(8)
Papel	3,6 (8)	22 (48)	11 (24) (sólidos de carbono)	9 (20)
Desechos médicos	29 (65)	4,5 (10)	2,3 (5) (carbono y sólidos metálicos)	9 (20)
Aceite pesado	34 (74)	7,7 (17)	4 (9) (sólidos de carbono),	---

*Para el papel, las cifras se basan en celulosa pura; se estima que los rendimientos para materias primas de papel específicas, tales como periódicos o papel de oficina, estarían dentro del 10 % de estas cifras. La corriente de salida de sólidos del tratamiento de fangos residuales urbanos también puede contener metales pesados.

40 Vale la pena anotar que los rendimientos de los residuos de procesamiento de ganado vacuno y porcino son similares a los de los residuos de procesamiento de aves de corral.

45 **Ejemplo 5: Eliminación de contaminantes de partículas finas de carbón y carbón con alto contenido de azufre.**

Se llevó a cabo un análisis de detección de mercurio bajo sobre partículas finas sin procesar, carbón con alto contenido de azufre y sobre los productos del proceso aplicados a cada uno. En cada caso, el límite de detección fue de 0,01 ppm. En la alimentación bruta con partículas finas de carbón, el nivel de mercurio fue de 0,12 ppm; el mercurio no era detectable en el carbono procesado.

50 En la alimentación bruta con alto contenido de azufre, el nivel de mercurio fue de 0,02 ppm; nuevamente, el mercurio no era detectable en el carbón procesado.

Ejemplo 6: Eliminación de contaminantes de azufre procedentes de partículas de carbón

Las partículas finas no procesadas contenían 1,71 % de azufre. El material compuesto de carbón contenía 1,58 % de azufre, una reducción del 7,6 % respecto de las partículas finas sin procesar. El carbón producido según aplicación del proceso contenía 1,51 % de azufre, una reducción del 11,6 % de la alimentación bruta.

5 **Ejemplo 7: Eliminación de contaminantes de azufre del carbón con alto contenido de azufre**

El carbón de alto contenido de azufre en la alimentación bruta contenía 2,34 % de azufre en peso. Después de una aplicación del proceso, el producto sólido resultante contenía un 2,11 % de azufre en peso.

10 **Ejemplo 8: Eliminación de contaminantes del carbón con bajo contenido de azufre**

El carbón no procesado contenía 1.08 % de azufre; el carbono obtenido del proceso contenía 0,49 % de azufre, una reducción de 54,6 %. También se detectó una concentración muy baja de azufre (45 ppm) en el agua producida.

15 En otra aplicación del proceso a la misma muestra, el carbono contenía un 0,57 % de azufre, una reducción del 47,2 %. El gas producido (el gas descargado del proceso) de esta aplicación contenía 0,9 % de azufre en peso, lo que ilustra que el azufre expulsado termina en gran parte en productos gaseosos.

20 Es significativo que hasta aproximadamente la mitad de los contaminantes que contienen azufre puedan eliminarse cuando el contenido inicial de azufre ya sea muy bajo.

25 El proceso de la presente invención también es eficaz para eliminar el mercurio. El mercurio estaba esencialmente ausente del carbón producido por el proceso de la presente invención, donde eran posibles niveles de detección de aproximadamente 10 ppb. Se detectó mercurio en el agua producida a niveles de 30 ppb (0.028 ppm) demostrando que cuando el mercurio se elimina del carbón, se transfiere al agua. Cuando el mercurio está en el agua, es susceptible de eliminación segura. Se eliminan los hidrocarburos del agua por arrastre, y se concentra en una unidad de destilación al vacío. El agua resultante tiene una concentración elevada de mercurio y se somete a cristalización con silicato y los cristales de silicato muy insolubles resultantes se depositarán en contenedores y se almacenarán en un emplazamiento para residuos peligrosos clasificado para el almacenamiento de metales tóxicos.

30

Ejemplo 9: Aceite hidrolizado

35 Se pueden producir diferentes composiciones de aceite a partir de una amplia gama de materiales orgánicos usando el proceso. Se produjo un combustible ilustrativo utilizando despojos animales como materia prima y se derivó del proceso de la invención después de la Etapa de hidrólisis. Las emisiones de partículas resultantes del uso de este combustible son prácticamente insignificantes. Este combustible proporciona a refinerías o mezcladoras un combustible renovable en la estrecha categoría de 40-PLUS del American Petroleum Institute (API) que puede usarse bien como combustible alternativo o como un componente de mezcla para combustibles. Las propiedades sobresalientes de este combustible se muestran en la Tabla 2. Los métodos de ensayo especificados en la tabla

40

Tabla 2

Propiedad	Método de ensayo	Aceite Hidrolizado
Humedad (%)	D95	<0,10
Densidad API a 60 °F (15,5 °C)	D1298	22,6
Densidad específica a 60 °F (15,5 °C)		0,9182
Azufre (%)	D4294	0,15 %
kJ/kg (BTU por libra)		38,163 (16,407)
kg/1 (BTU por galón)	D240	35,000 (125,447)
Ceniza (%)	D482	0,030 %
Carbono residual (%)	D524/D189	6,16 %
Punto de vertido (PV)	D97	65°F (18,3 °C)
Carbono (%)	D5291	74,01 %
Hidrógeno (%)	D5291	11,57 %
Nitrógeno (%)	D3228	1,03 %
Oxígeno (%)	D5291	13,21 %

Asfaltenos (%)	D3279/IP143	0,96 %
Viscosidad a 122 °F (50 °C) (mm ² /s)	D445	50,6 mm ² /s
Cloruros inorgánicos (%)	D512	0,006 %
Cloro orgánico (%)		< 0,005 %
Metales en Cenizas		
Aluminio (ppm)	D482	<1,0 ppm
Magnesio (ppm)		1,04 ppm
Calcio (ppm)		1,60 ppm
Sílice (ppm)		36,5 ppm
Hierro (ppm)		25,5 ppm
Sodio (ppm)		48,5 ppm <
Vanadio (ppm)		1,0 ppm

Ejemplo 10: Combustible derivado de la Mezcla Líquida

5 Como se mencionó anteriormente, la mezcla líquida producida por el método se puede aplicar directamente al uso o en forma concentrada como alimento, fertilizante, combustible u otros productos. Las propiedades de dos combustibles derivados de mezclas líquidas ilustrativas se muestran a continuación en la Tabla 3, en donde los métodos de ensayo están designados por un código ASTM (para estándares designados con un prefijo "D") o código AOAC. Cada combustible se produjo a partir de una muestra de alimentos crudos que comprende estiércol animal, lodo y subproductos de la fabricación y distribución de alimentos.

10

Tabla 3

Propiedad	Método de ensayo	Combustible Derivado de Mezcla Líquida n. ° 1	Combustible Derivado de Mezcla Líquida n. ° 2	Combustible Derivado de Mezcla Líquida n. ° 3
Contenido de Cenizas	AOAC 923.03	2,27 %	2,32 %	2,50 %
Contenido de Fósforo	AOAC 958.01	< 0,02 % peso	< 0,02 % peso	N/A
Contenido de Azufre	DI552 (CBNO) Azufre	0,25 % peso	0,30 % peso	0,30 % peso
BTU/LB	D240 (CBNO) - LB	N/A Muestra de Alta Humedad	N/A Muestra de Alta Humedad	N/A Muestra de Alta Humedad
Carbón	D5291 (CBNO)	21,84 % peso	28,64 % peso	25,00 % peso
Hidrógeno	D5291 (CBNO)	9,66 % peso	10,01 % peso	10,00 % peso
Nitrógeno	D5291 (CBNO)	2,35 % peso	1,79 % peso	2,20 % peso
Oxígeno	D5291- Oxígeno	59,59 % peso	51,70 % peso	60,00 % peso
Humedad		62,4 %	67,6 %	65,0 %
Materia Volátil		Incluido en Humedad	Incluido en Humedad	

Ejemplo 11: Realización de un reactor de Etapa de acabado de aceite y enfriador/condensador

15 Las figuras 8A y 8B muestran una realización esquemática de un aparato para usar con el proceso. Algunos elementos de un reactor de Etapa de acabado de aceite preferido también se muestran en la figura 6.

La figura 8A muestra, esquemáticamente, un aparato preferido para usar con la Etapa de acabado de aceite del proceso. El licor orgánico 500 pasa a un tanque de almacenamiento 812. Opcionalmente, el licor orgánico y el aceite pueden dirigirse a un separador líquido/líquido 814 y dividirse en una primera porción 816 de licor/aceite fraccionado y una segunda porción 822 de licor fraccionado residual/aceite. La primera porción de licor/aceite fraccionado puede dirigirse al almacenamiento 818 de producto terminado, y distribuirse como licor/aceite fraccionado 820 que puede reciclarse o venderse. La segunda porción 822 de licor/aceite fraccionado se redirige a uno o más precalentadores 830.

25

Tras su calentamiento, el licor/aceite fraccionado 822, o el licor/aceite 500 no separado se pasa a un calentador 610, preferentemente acompañado de vapor 602. El licor/aceite 836 resultante y vaporizado se pasa a un reactor 620, tal como un transportador de tornillo, y se separa en vapor de hidrocarburo y gases 148, y sólidos de carbono 142. El vapor de hidrocarburo y los gases 148 se pasan a un refrigerador/condensador 850, que se describe con más detalle en la figura 8B. Cualquier material particulado restante en el vapor de aceite y los gases, tales como los sólidos de carbono residuales 844, se eliminan y devuelven al reactor 620.

Los sólidos de carbono 142 se dirigen a través de un bloqueo de aire 846 y a un enfriador de sólidos de carbón 630, donde se mezclan con agua 632. La mezcla resultante de agua y sólidos de carbono se pasa a través de otro bloqueo de aire 854 a un sistema de almacenamiento de producto terminado 650. Los sólidos de carbono del producto final 142 se pueden distribuir a una o más aplicaciones comerciales.

Para usar junto con el aparato 800 mostrado en la figura 8A, se incluye un enfriador/condensador 850 que se muestra la figura 8B. El refrigerador/condensador 850 facilita una serie de ciclos de separación en los que una mezcla de vapor de aceite y gases, que también puede contener agua y partículas, se somete a una serie de etapas de separación diferentes. El vapor de hidrocarburo y los gases 148 del reactor 620 pasan a un separador 842 de partículas de carbono, que separa las partículas sólidas restantes, tales como los sólidos de carbono residuales 844, y devuelve dichos sólidos al reactor 620.

El vapor y los gases de hidrocarburo que salen del separador de partículas de carbono pasan a un sistema de enfriamiento 860 de vapor, implementado de acuerdo con los principios generales que un experto en la materia entendería. Del sistema de enfriamiento de vapor, el aceite y los gases 870 pasan a un separador de aceite/agua/gas 872 que separa adicionalmente los diversos componentes tales como aceite 862, aceite de decantación 876, gas y GLP 874, y una mezcla de aceite/carbono 881.

El aceite 862 pasa a un intercambiador de calor 864 y luego a un sistema de almacenamiento de producto terminado 866, y se vende como aceite 144.

El gas y el gas licuado de petróleo ("GLP") 874 pasan a un condensador 890 que separa el GLP 898 de los otros componentes gaseosos. El gas 894 se pasa al supercalentador 892 para producir un combustible gaseoso 146, que puede suministrarse a uno o más dispositivos como fuente de energía. El GLP 898 se recircula de la siguiente manera. Primero, el GLP 898 se hace pasar a través de un separador líquido/sólido 884, donde se eliminan los sólidos de carbono residuales 886. Luego, el GLP separado, mezclado con aceite separado de la suspensión líquida de aceite/carbono 881, se devuelve al separador de aceite/agua/gas 872, y tiene lugar una separación adicional. El ciclo en el que la mezcla de gas y GLP se separa y se condensa puede repetirse tantas veces como se desee.

Una mezcla de aceite/sólido, normalmente una suspensión espesa de aceite/carbono 881, también puede dirigirse desde el separador de aceite/agua/gas 872 al separador de líquido/sólido 884 para eliminar los sólidos de carbono residuales 886. El aceite separado, mezclado con GLP, se devuelve preferentemente al separador de aceite/agua/gas para una redirección adicional, según corresponda.

El aceite 876 del separador de aceite/agua/gas 872 se pasa a un separador de aceite/agua 878, y el agua 880 se libera, o puede recircularse. El aceite 882 del separador de aceite/agua se devuelve al separador de aceite/agua/gas para futuras iteraciones del ciclo de separación.

45

REIVINDICACIONES

1. Un proceso para producir un combustible a partir de un residuo de trituradora que contiene materia prima, comprendiendo dicho proceso:

- 5
- preparar una suspensión de la materia prima reduciendo el tamaño de una alimentación bruta a un tamaño adecuado para el bombeo usando tecnologías de fabricación de pulpa y otras tecnologías de trituración; despolimerizar la suspensión líquida a una temperatura en el intervalo de 365 °C (690 °F) a 420 °C (785 °F) de modo que el residuo orgánico de trituración se reduzca a líquido para formar una composición que
- 10
- comprende al menos un material sólido en una mezcla líquida; separar mecánicamente dicho al menos un material sólido de la mezcla líquida; hidrolizar la mezcla líquida calentando a una presión mayor que la presión de vapor de agua en la mezcla líquida para producir una alimentación reaccionada, en donde dicha hidrólisis tiene lugar a una temperatura en un intervalo de 220 °C (430 °F) a 265 °C (510 °F); y
- 15
- someter la alimentación reaccionada a una separación térmica y mecánica para formar un licor orgánico; y procesar el licor orgánico para dar
- (i) un combustible gaseoso, sólidos de carbono o aceite por coquefacción del licor orgánico en la propia planta o en una refinería; o
- 20
- (ii) un aceite de hidrocarburo con componentes similares a un diésel n.º 4 con un procesamiento mínimo en la propia planta.

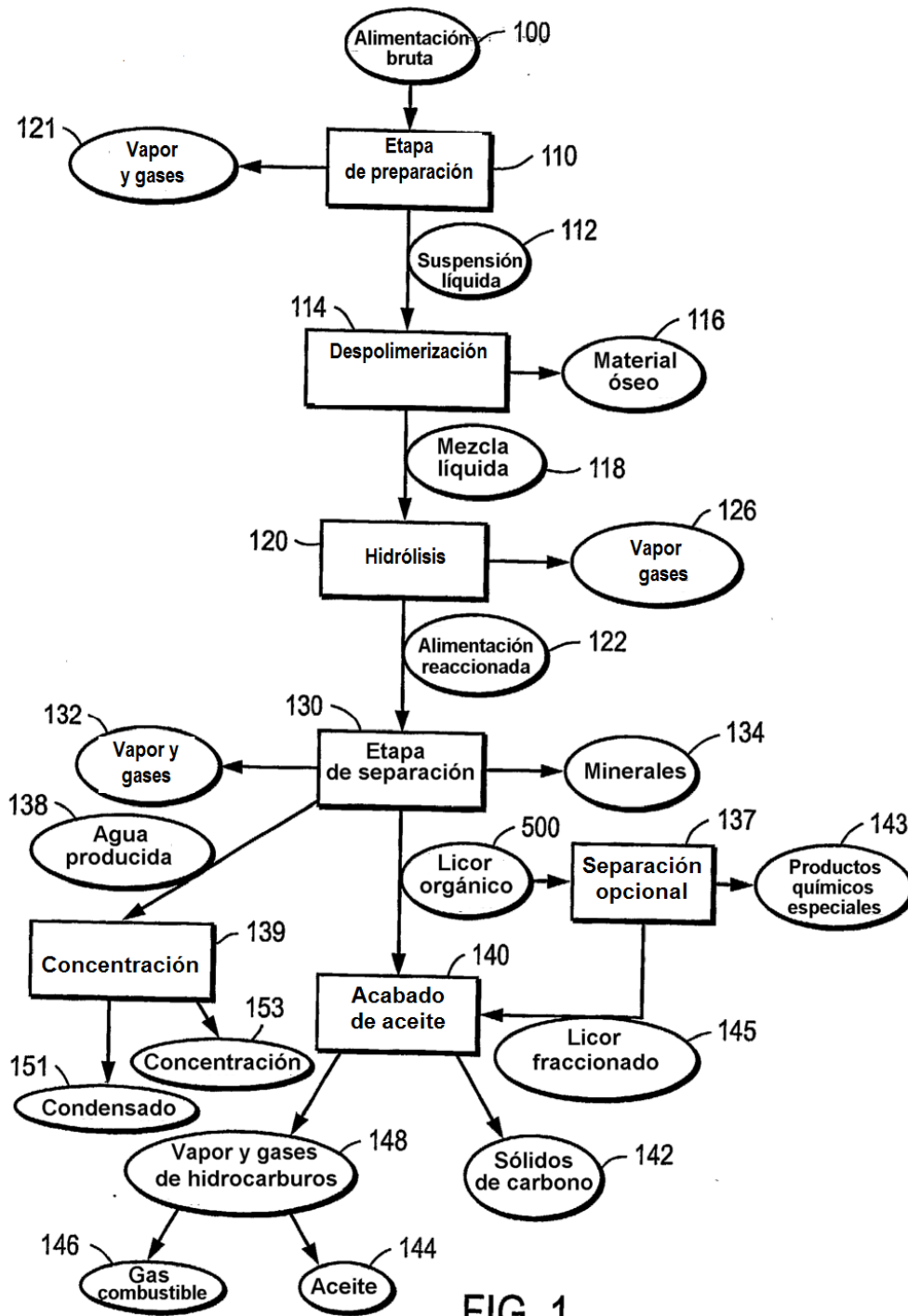


FIG. 1

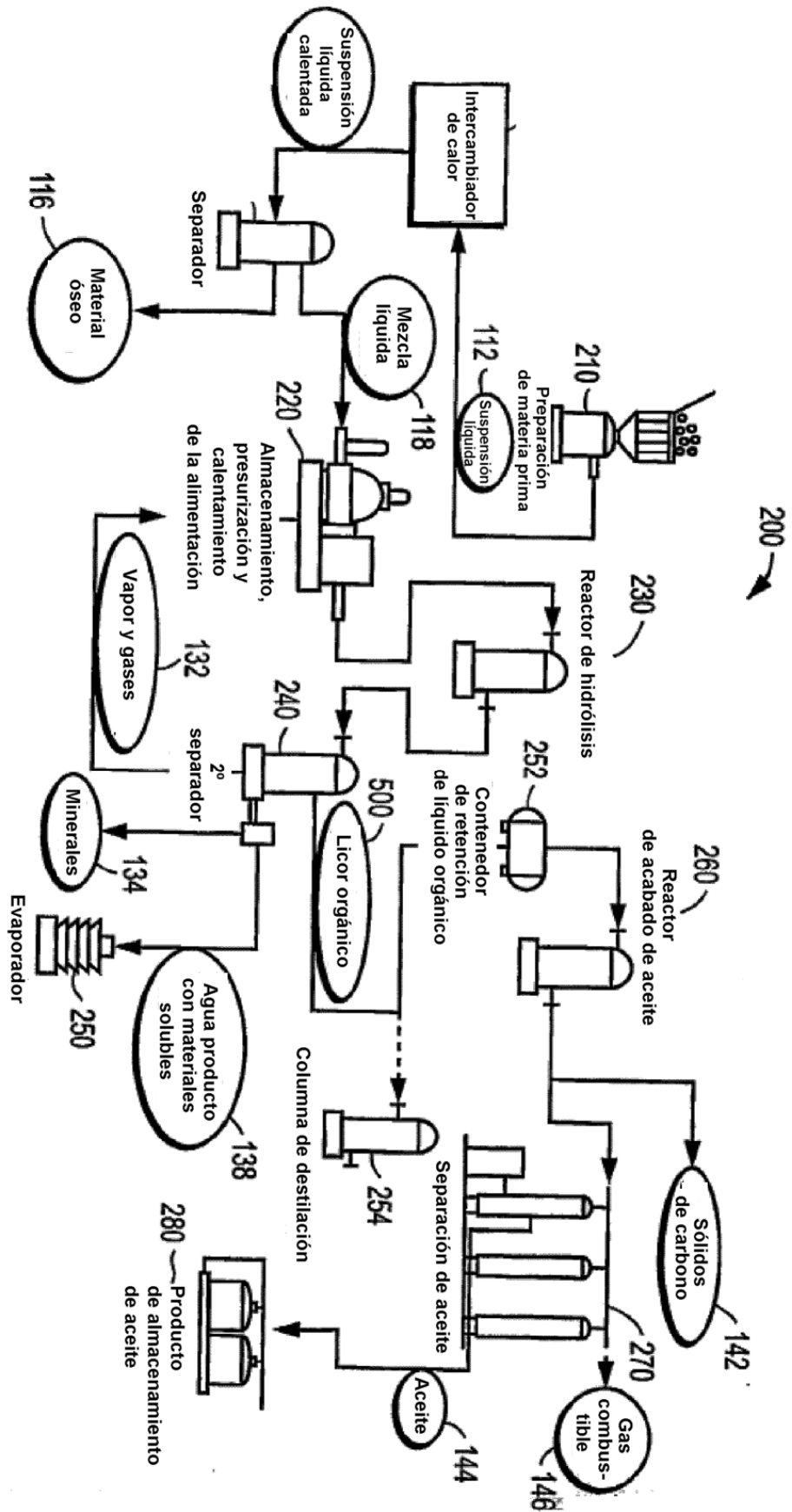


FIG. 2

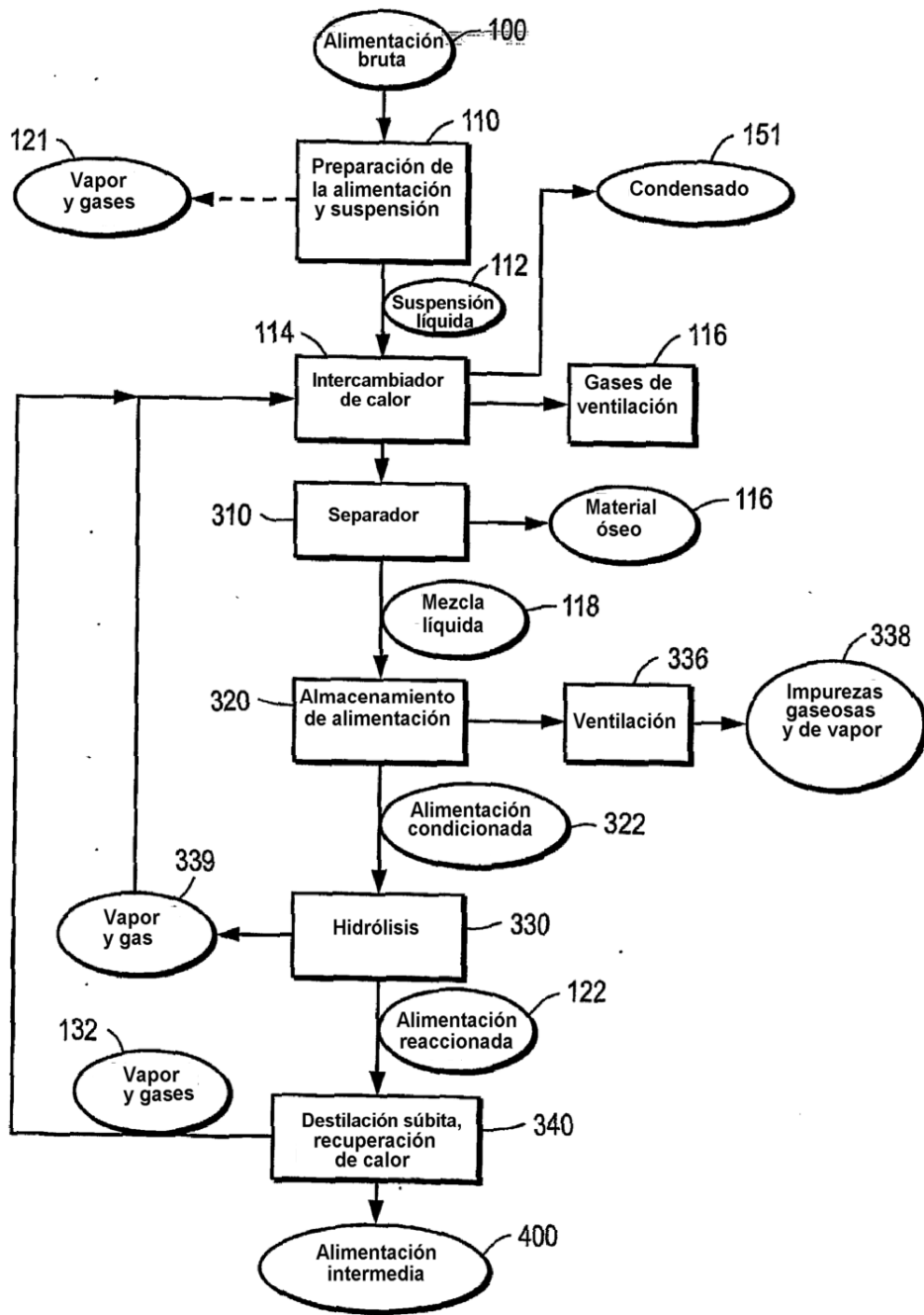


FIG. 3

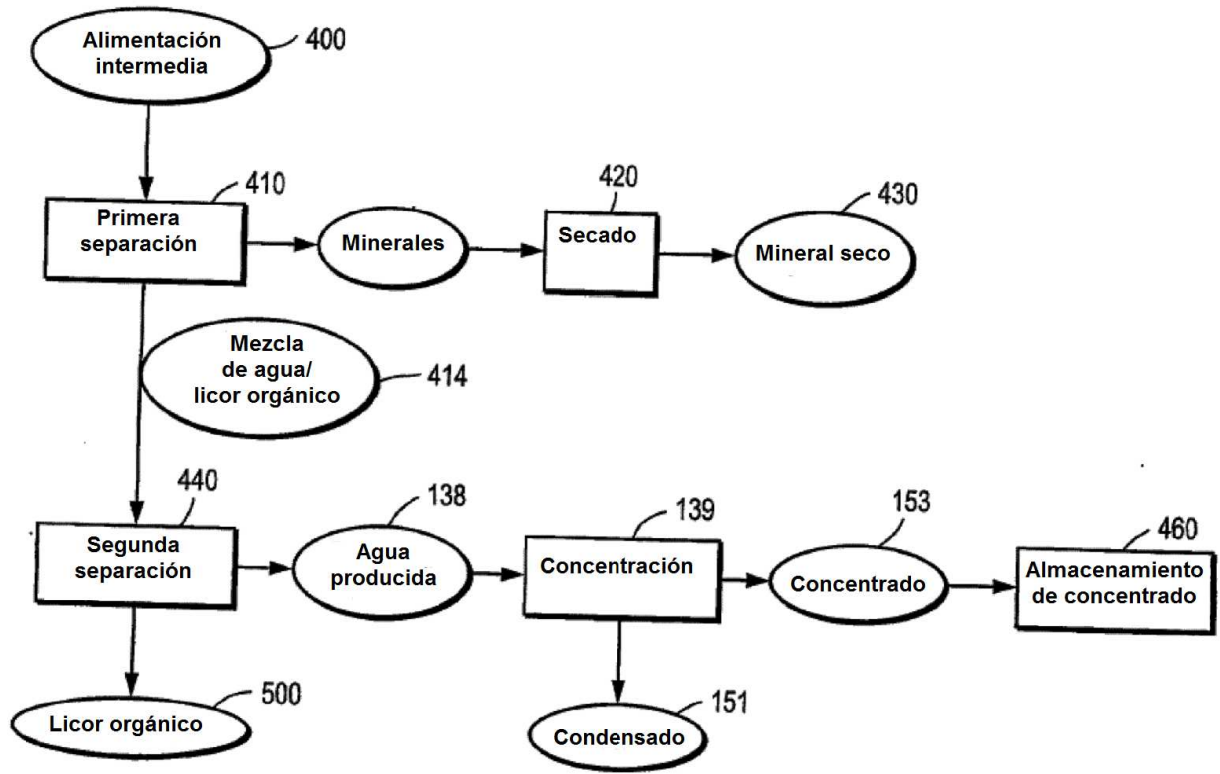


FIG. 4

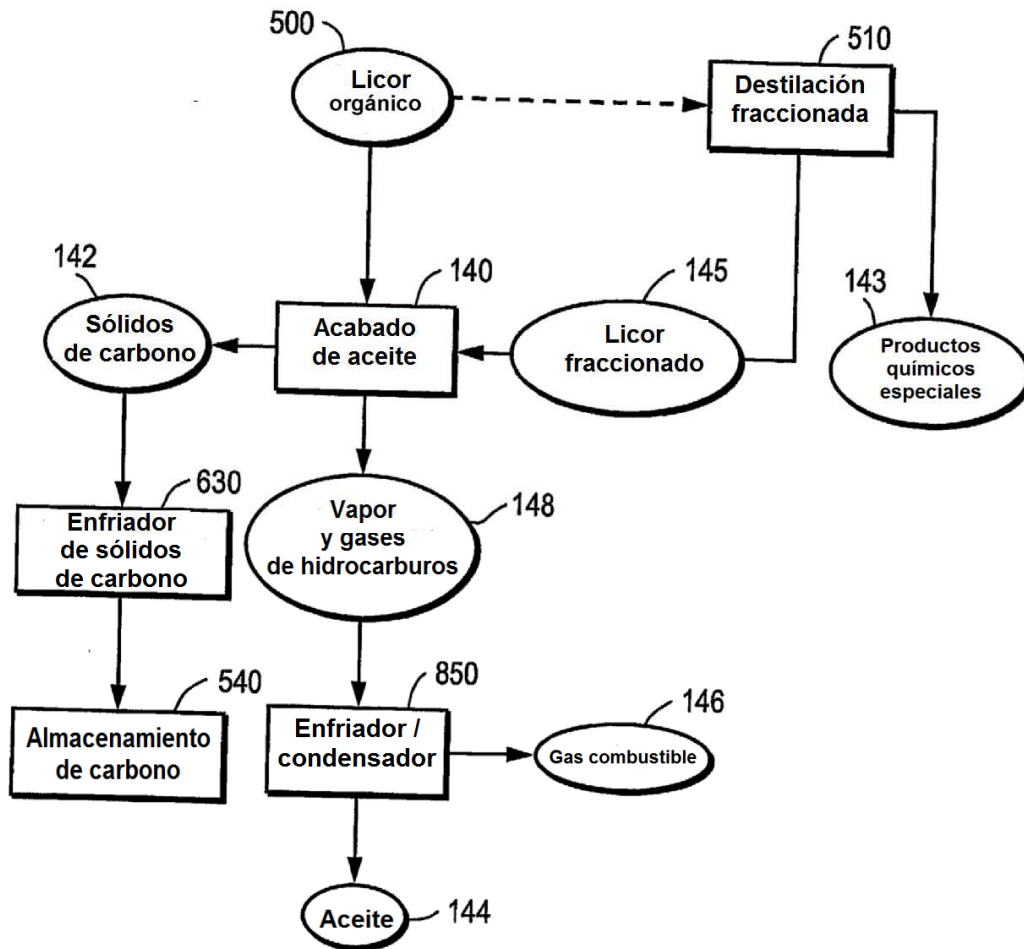


FIG. 5

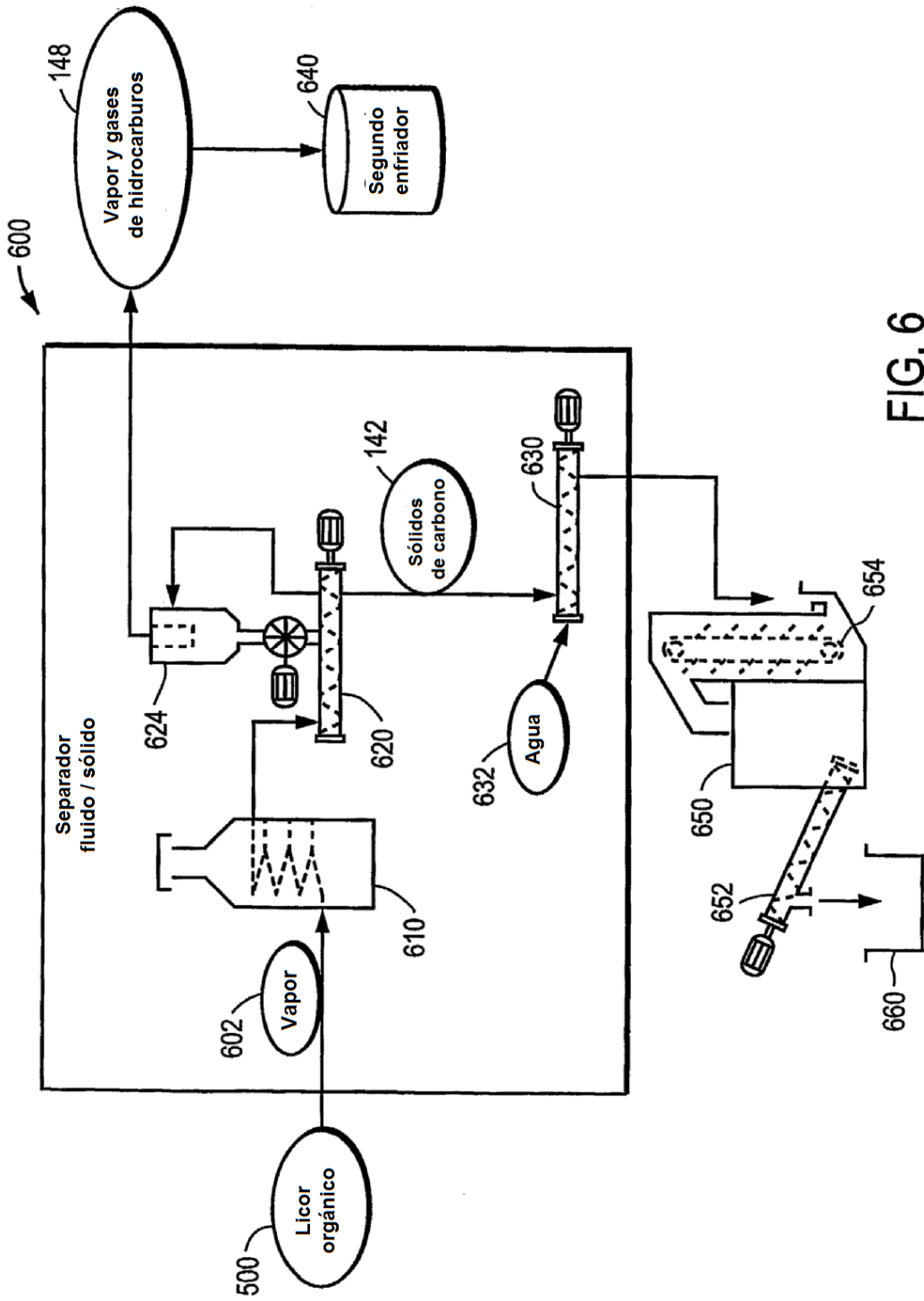


FIG. 6

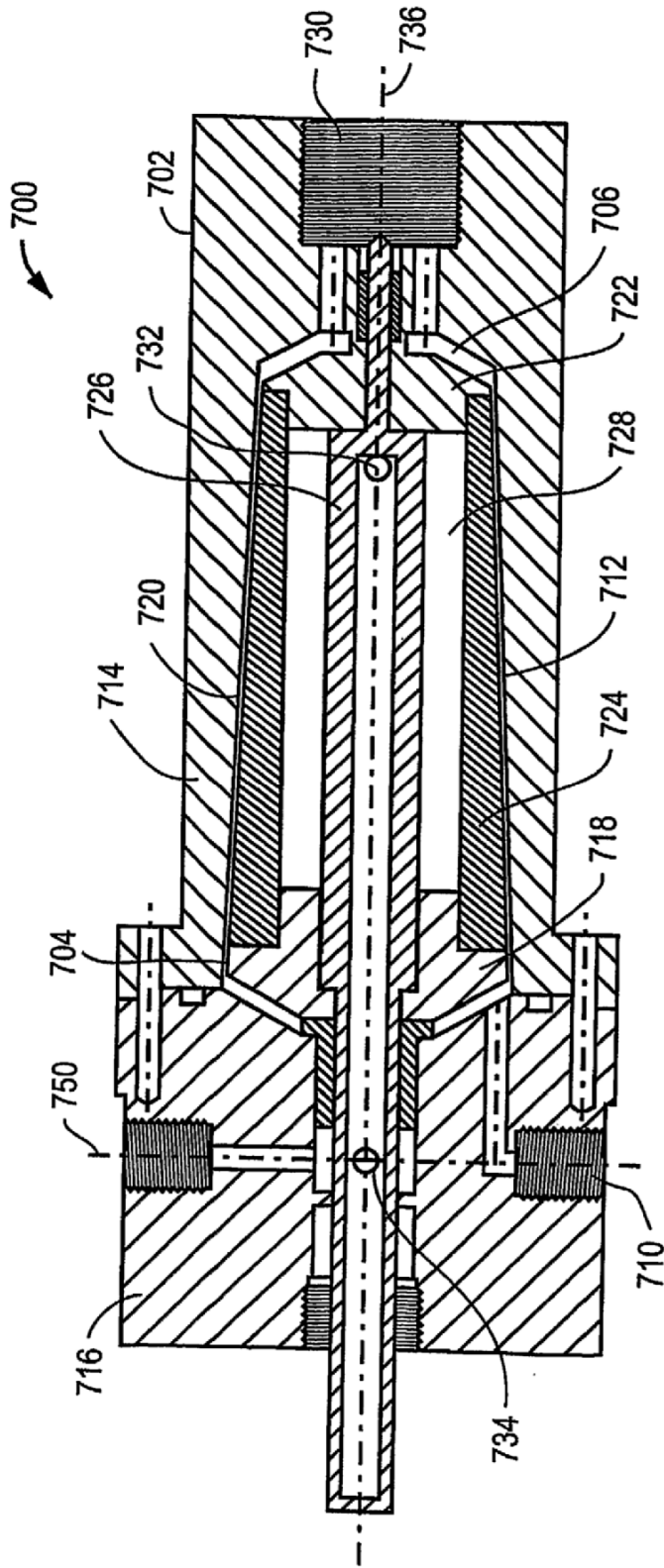


FIG. 7

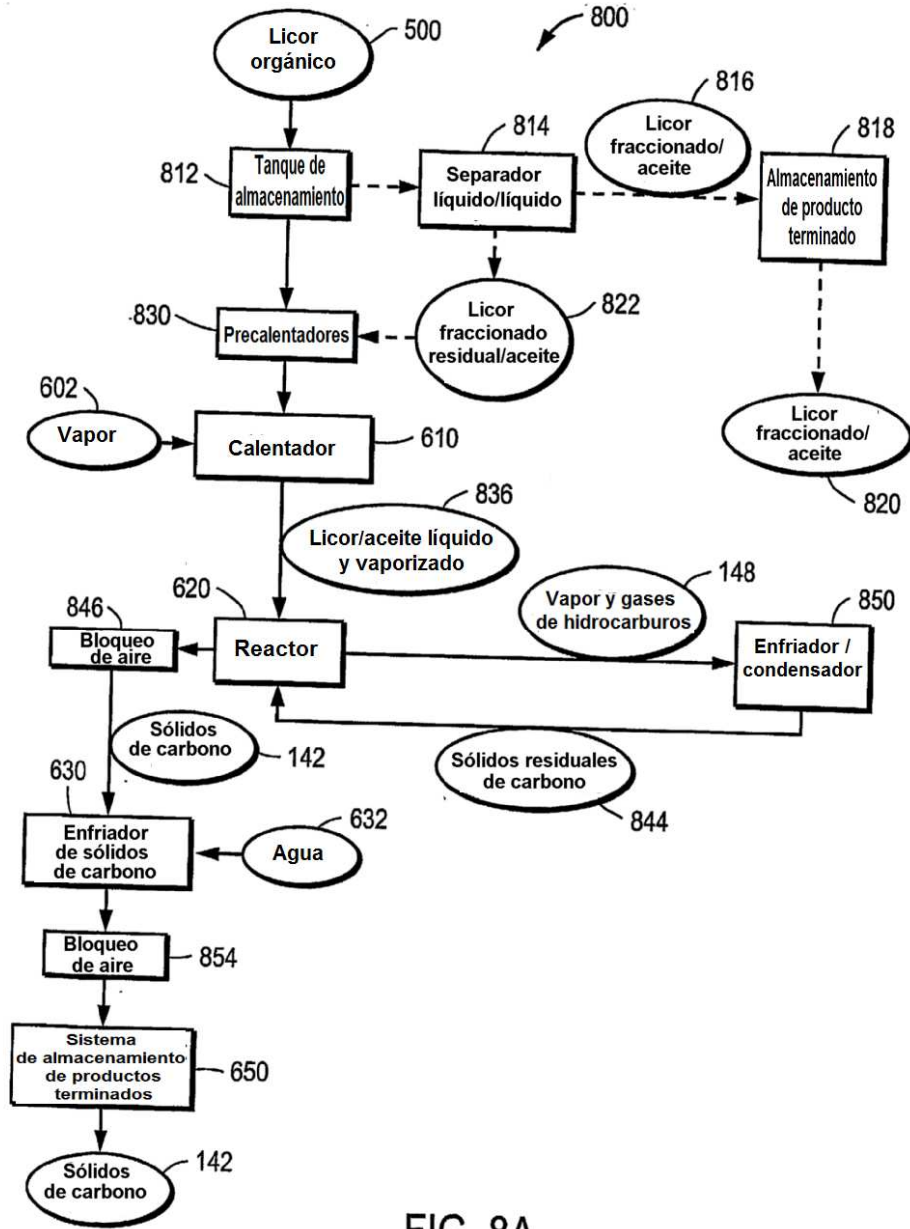


FIG. 8A

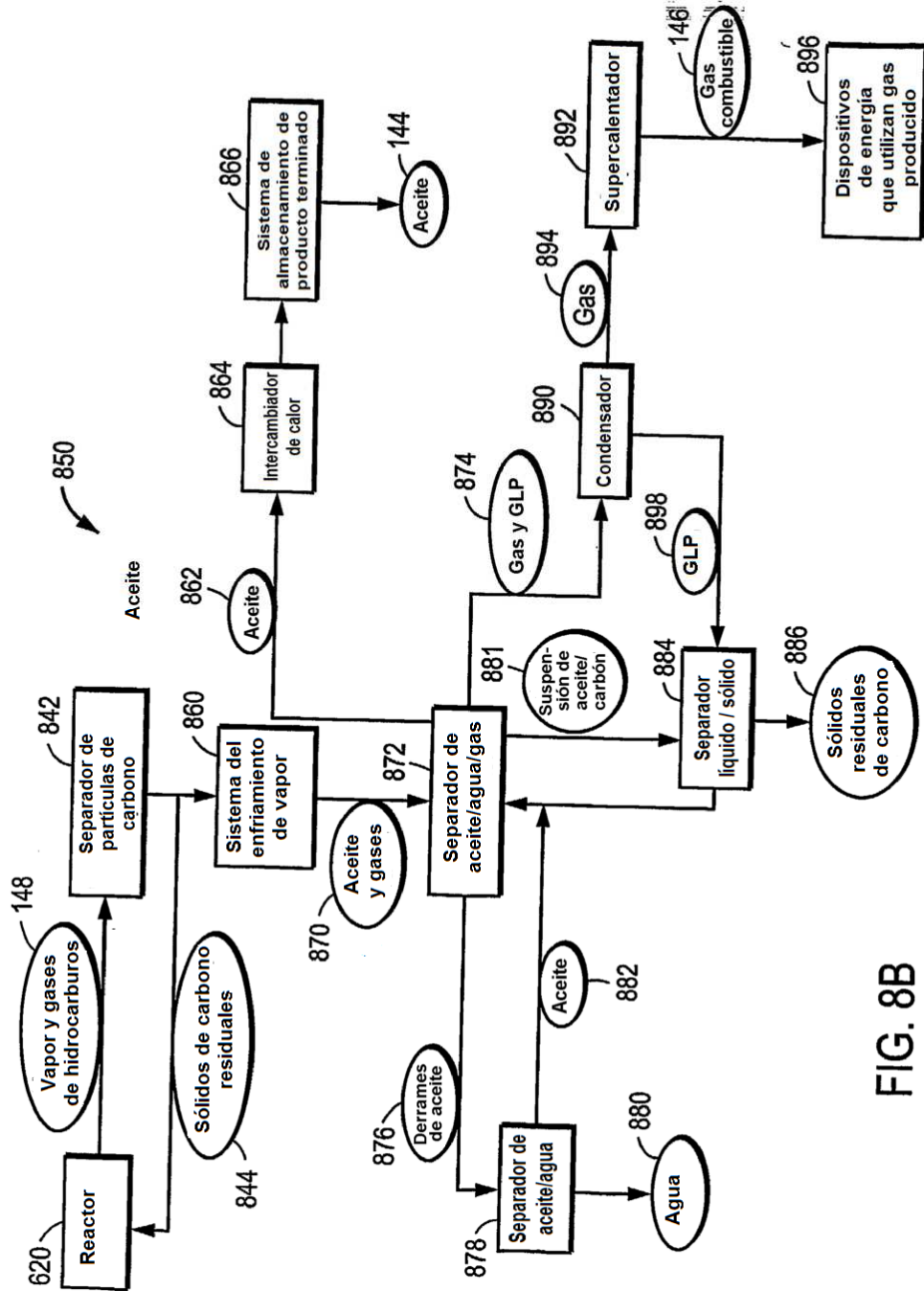


FIG. 8B

Viscosidad vs índice de cizalladura para temperaturas típicas

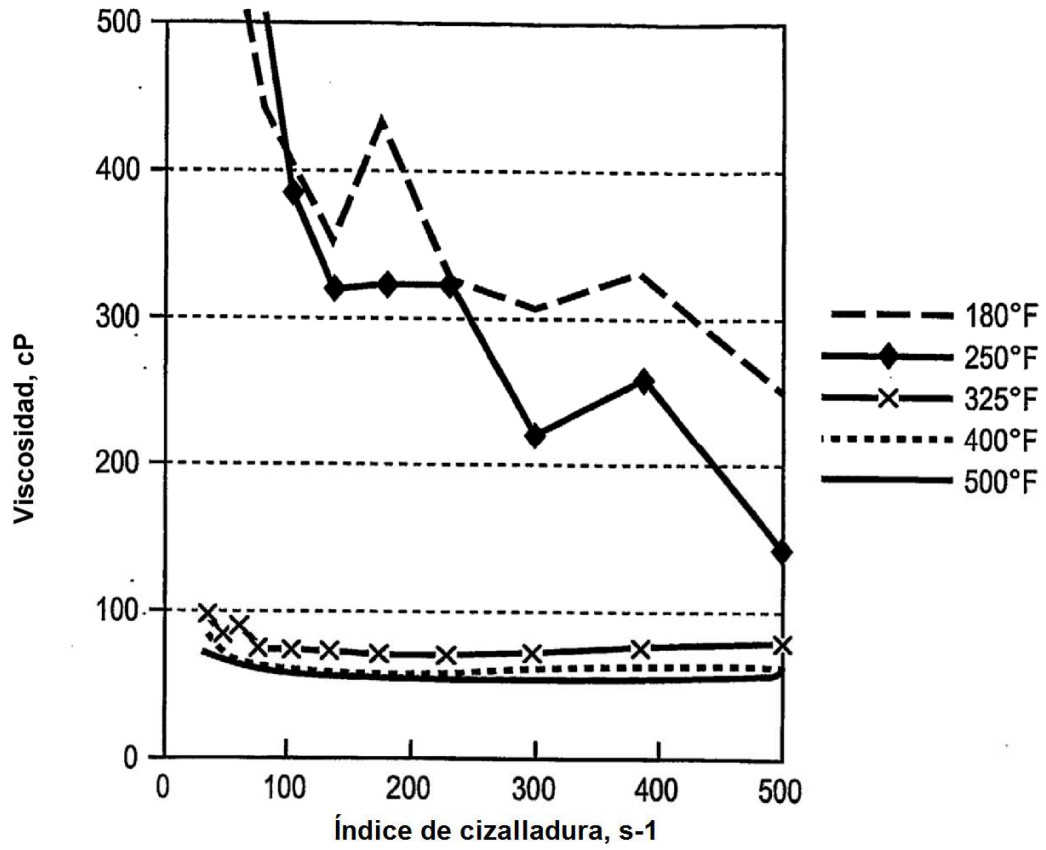


FIG. 9

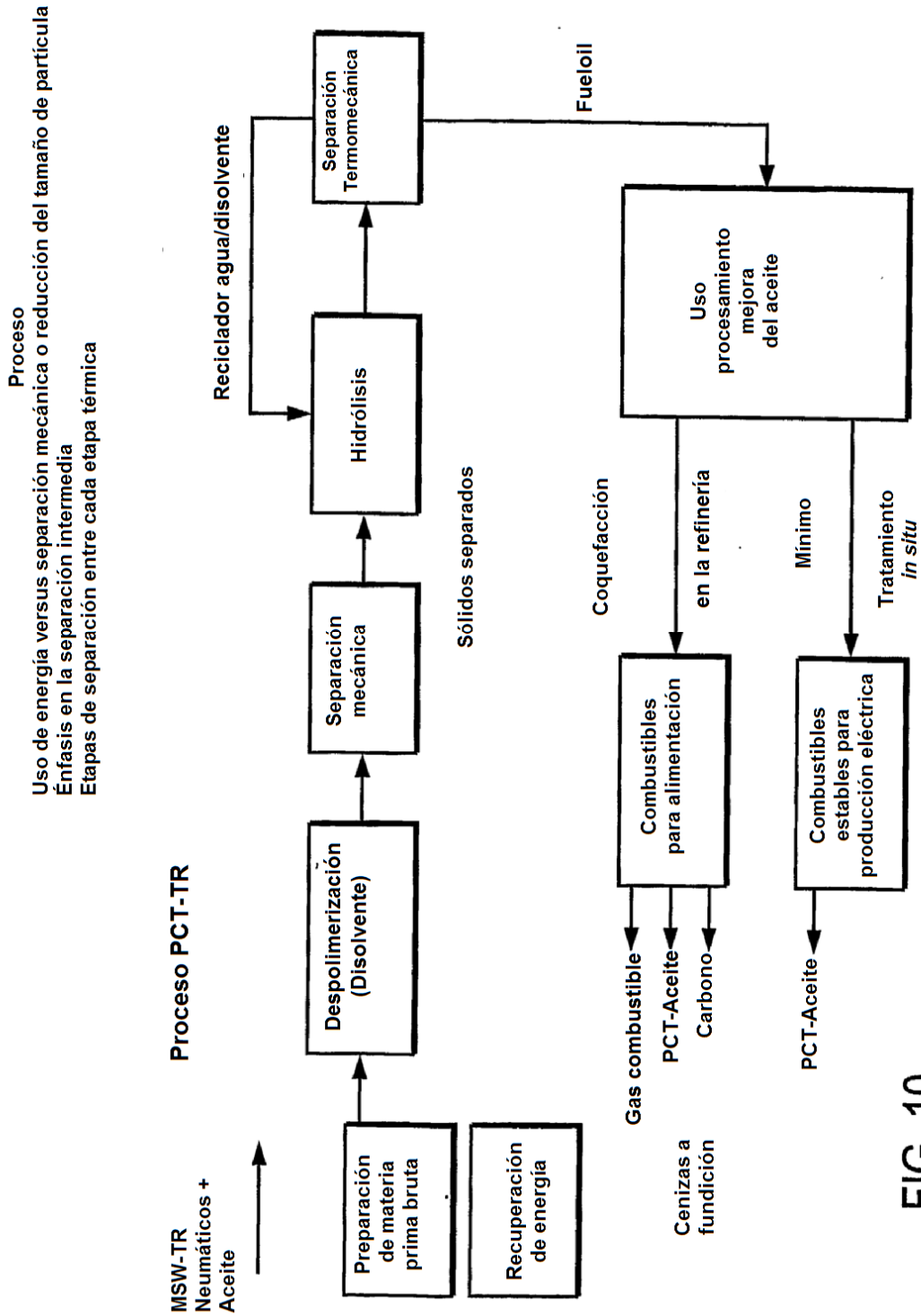


FIG. 10

FIG. 11

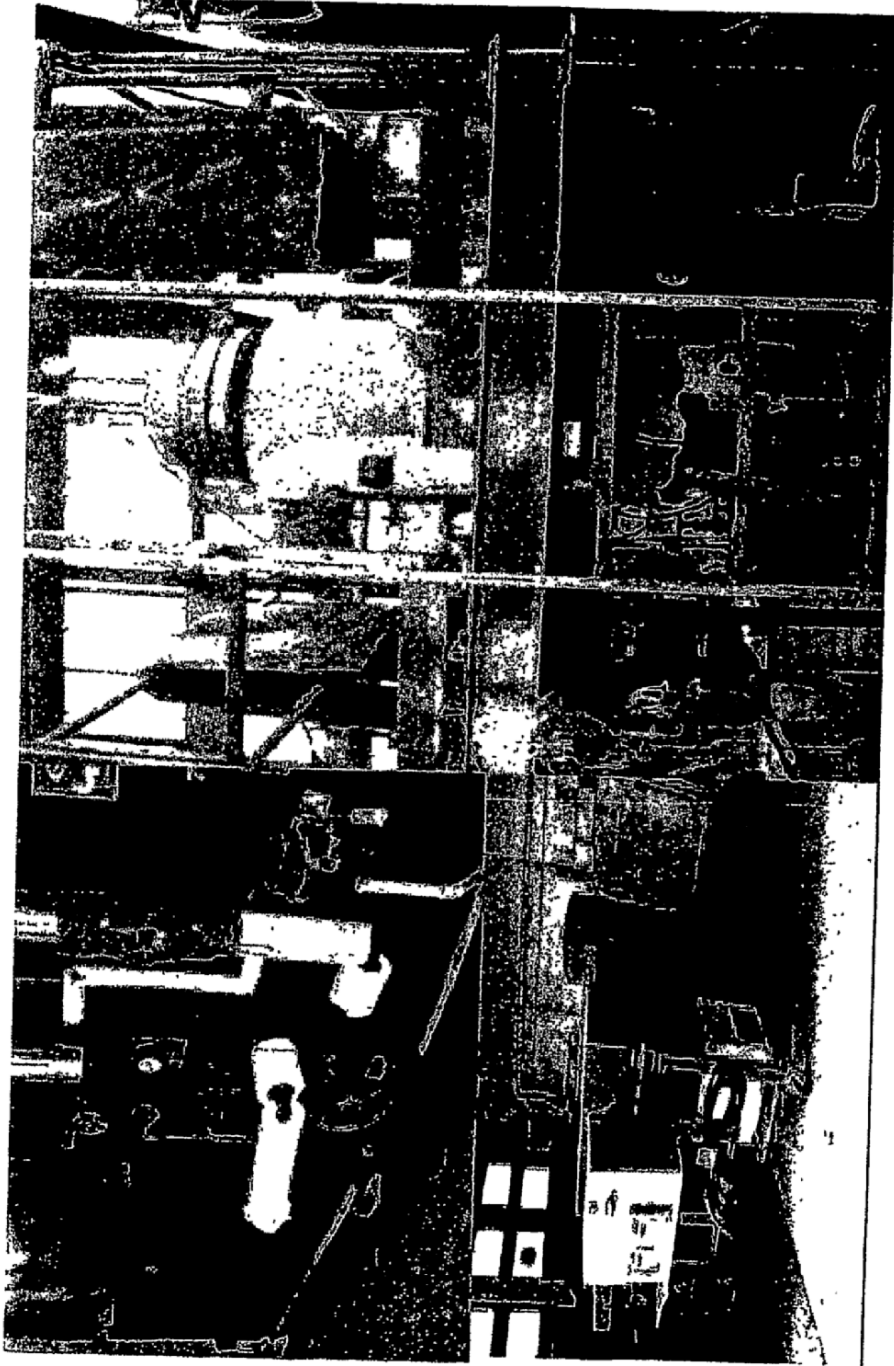


FIG. 12

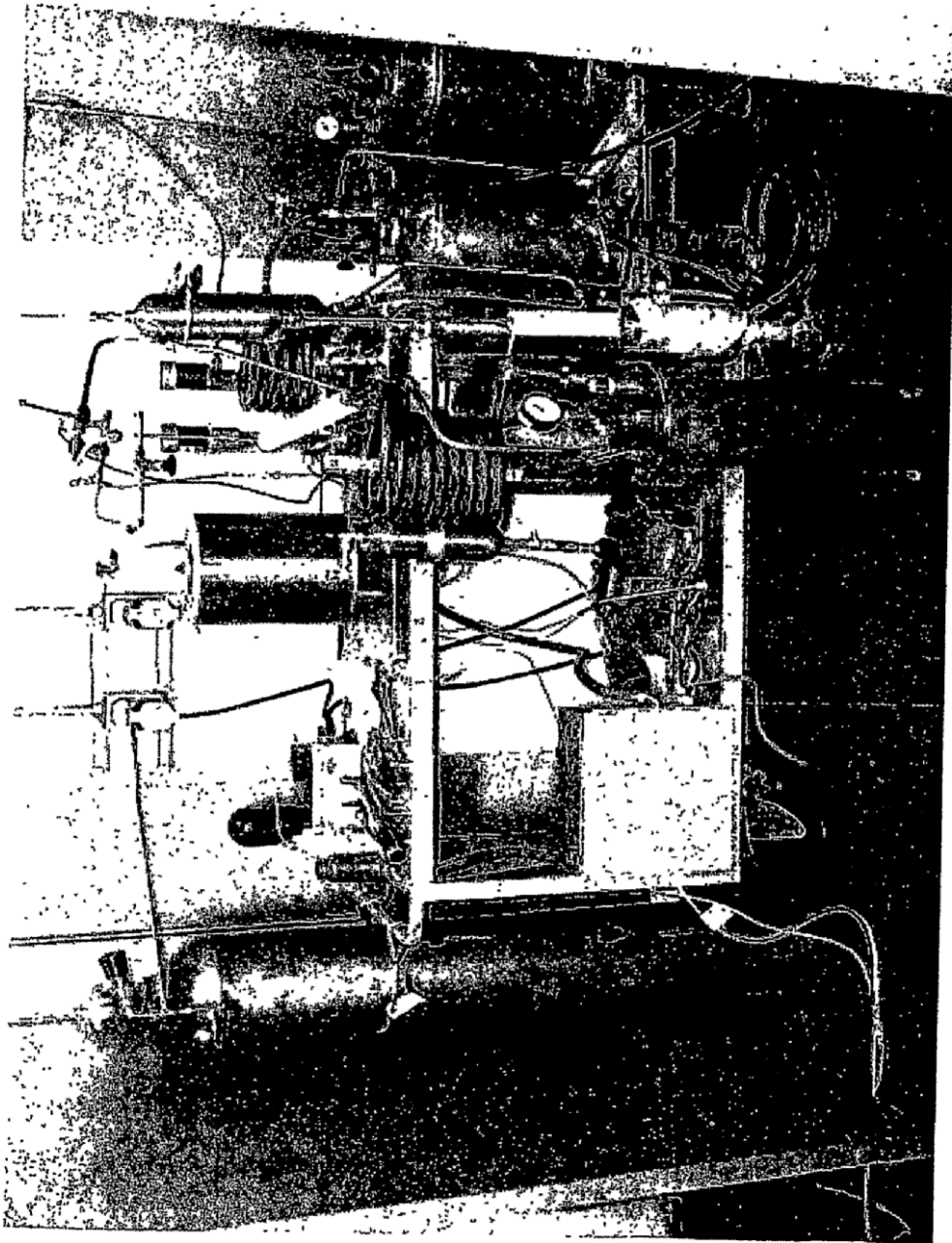


FIG. 13



FIG. 14

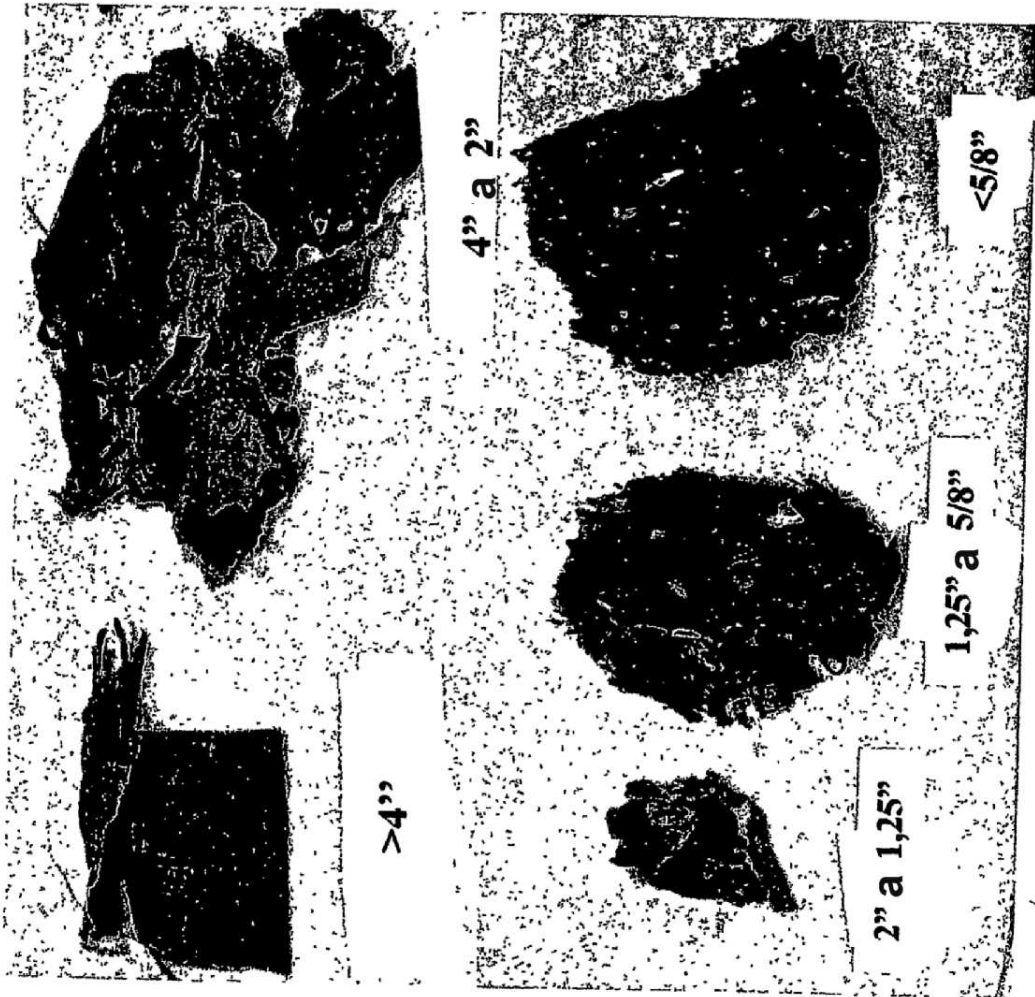
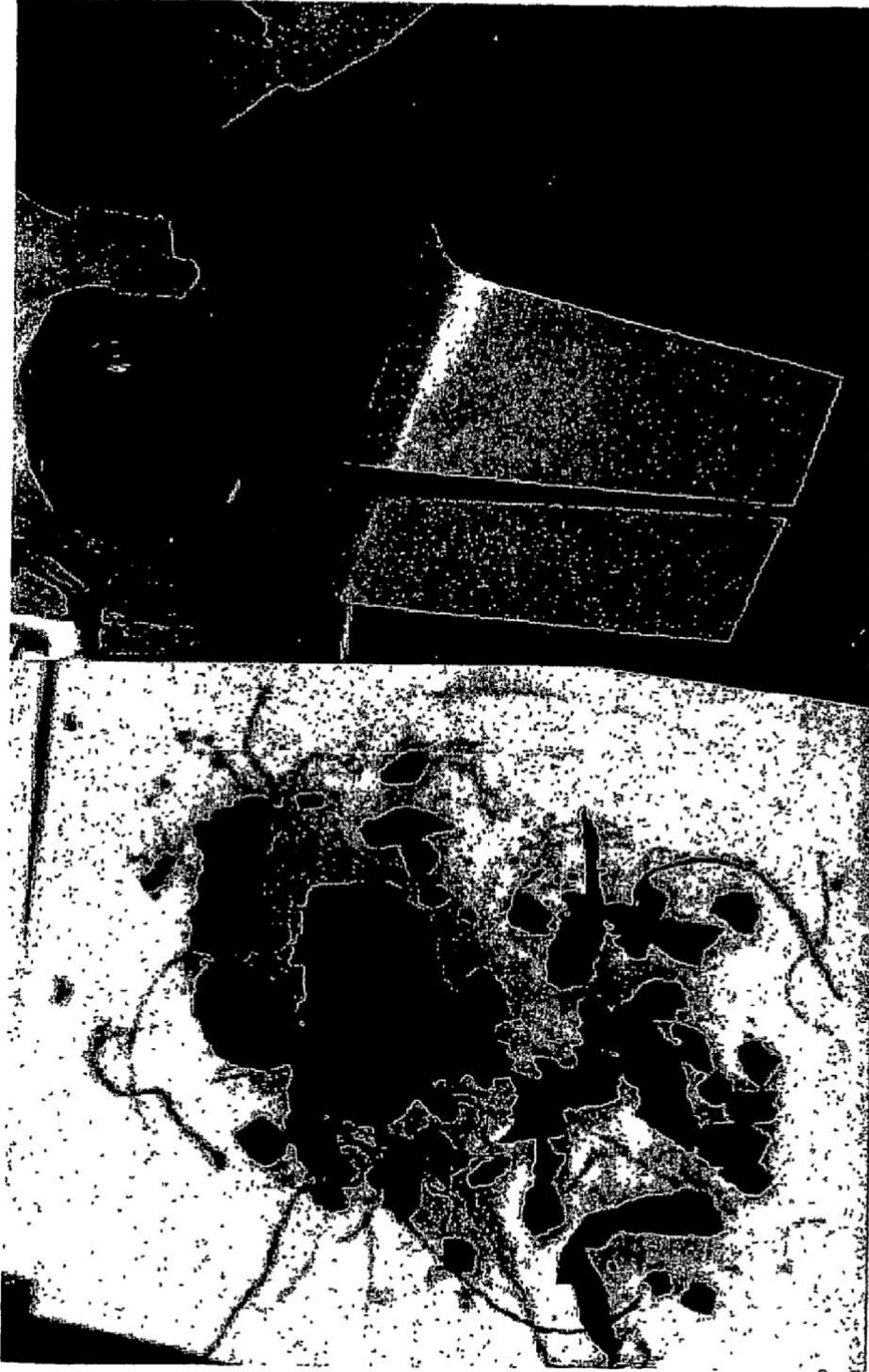


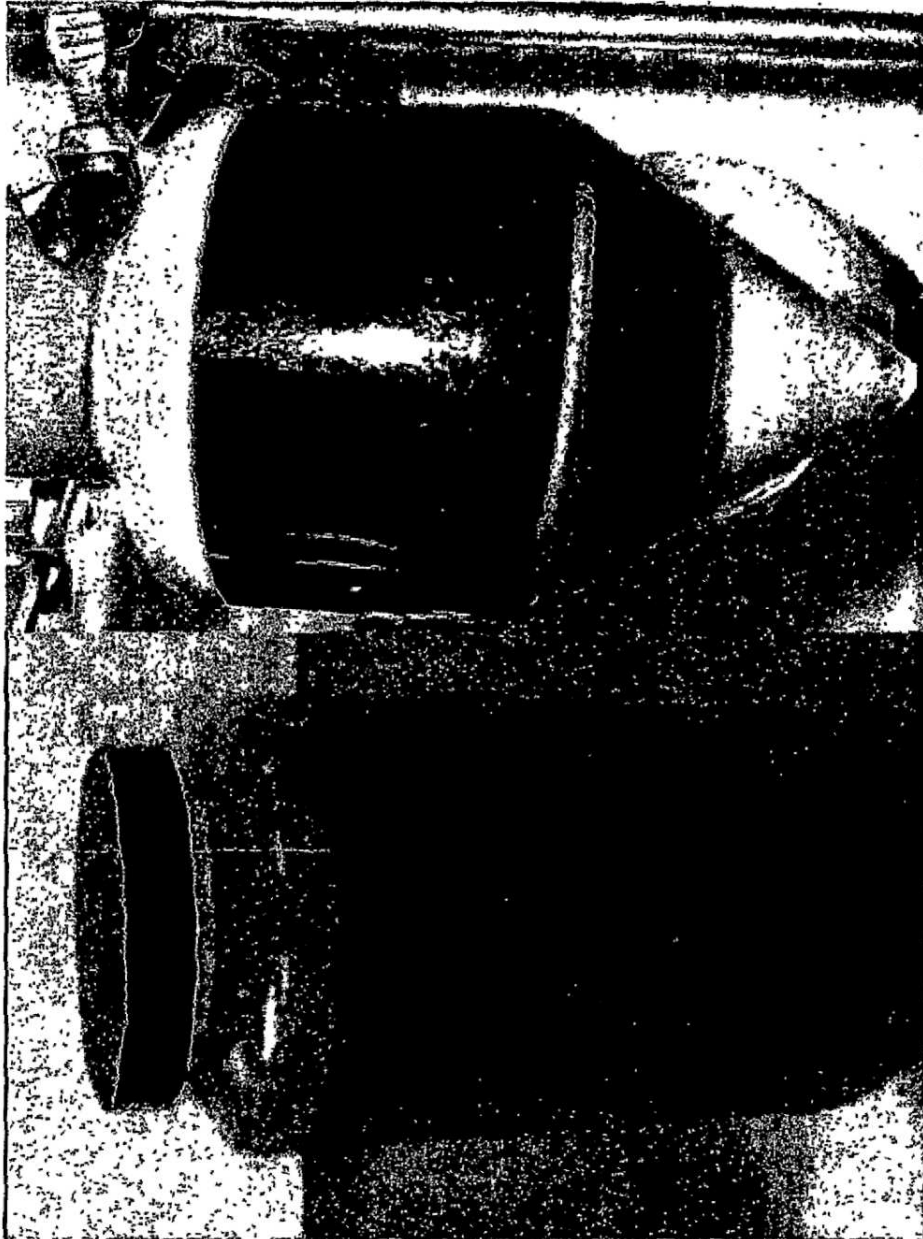
FIG. 15



Fracción orgánica

Fracción inorgánica

FIG. 16



Producto intermedio

Materia prima macerada

FIG. 17

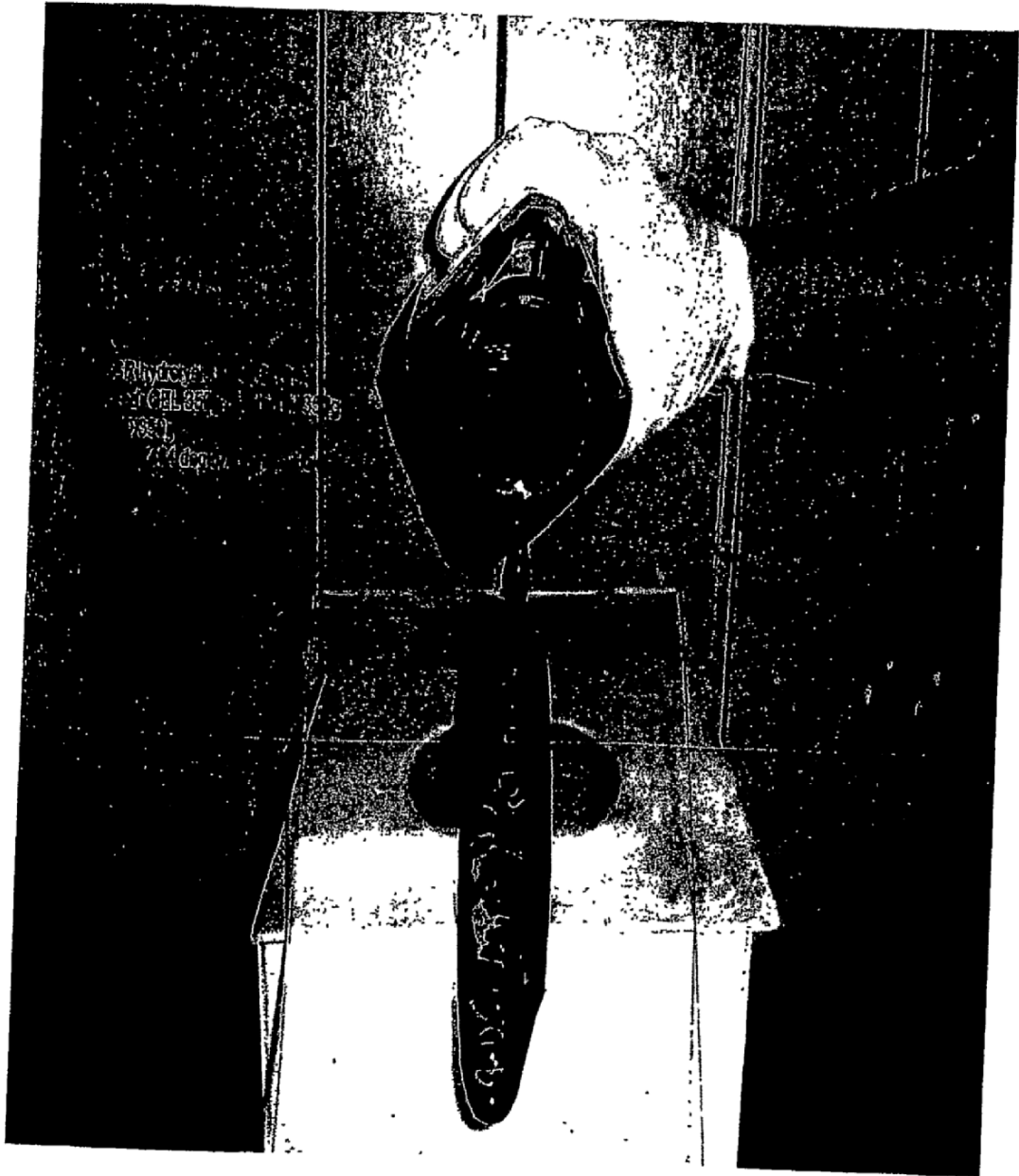
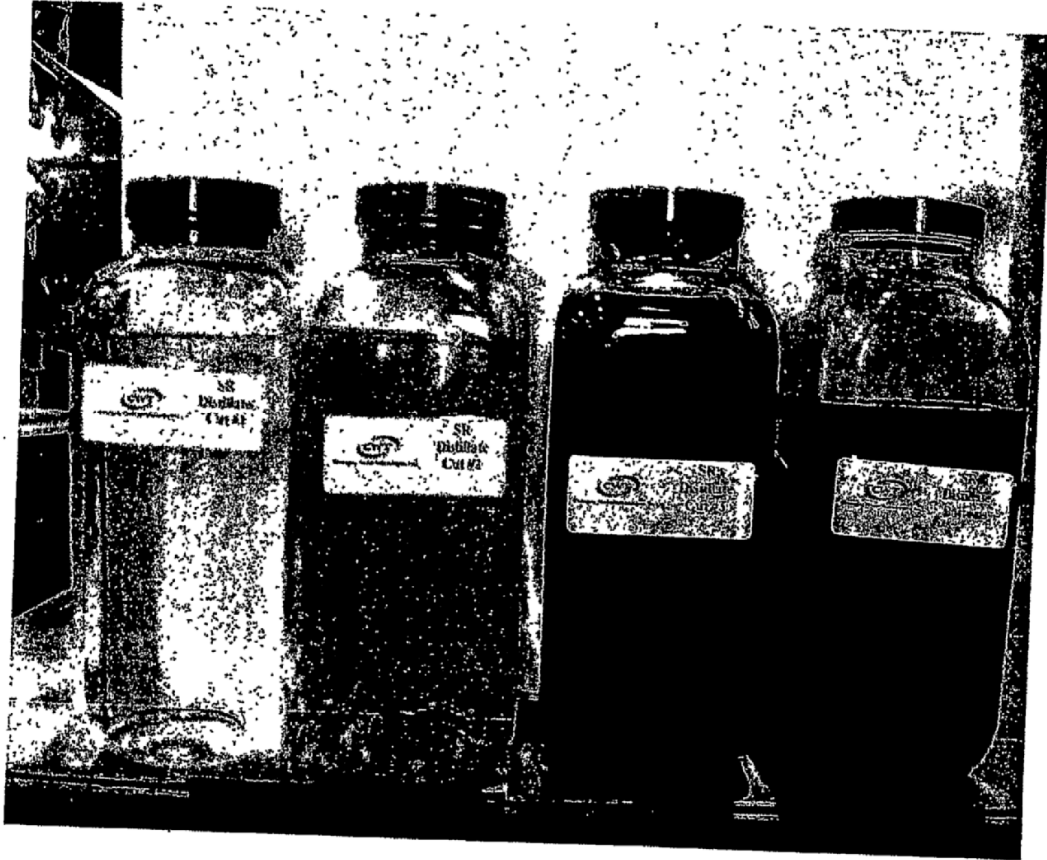


FIG. 18



FIG. 19



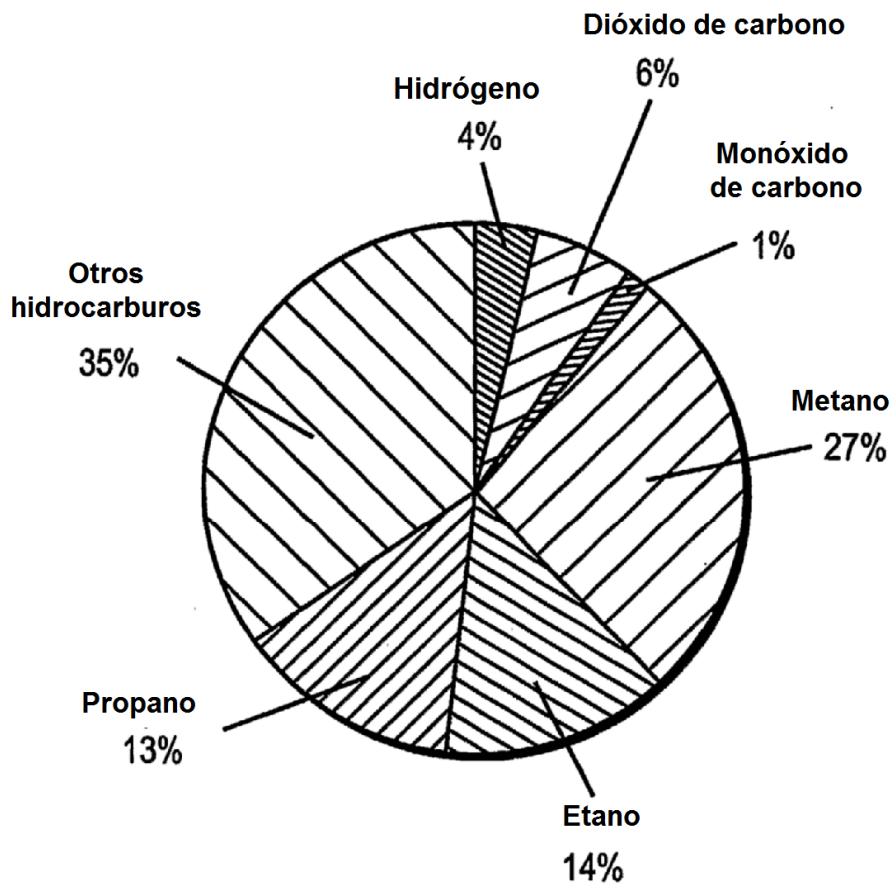


FIG. 20

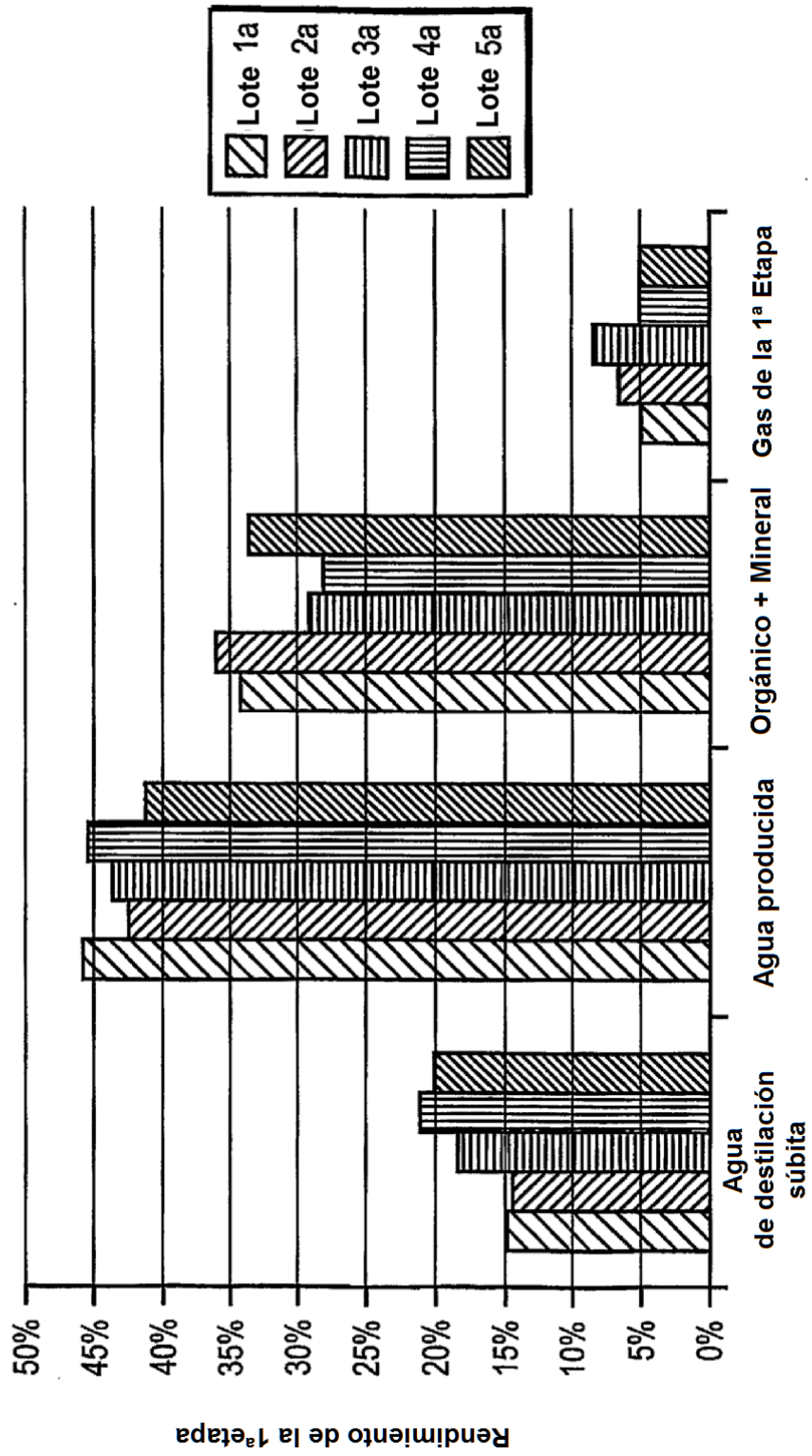


FIG. 21

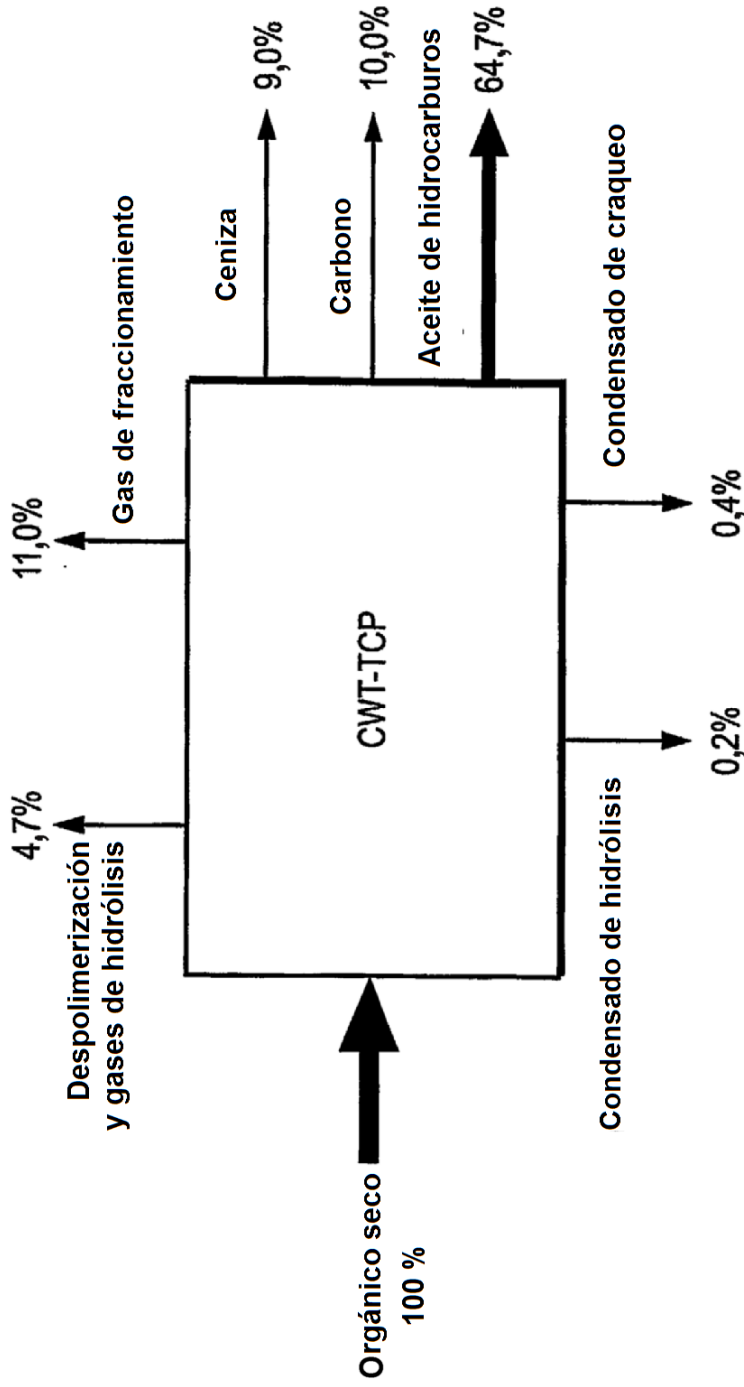


FIG. 22

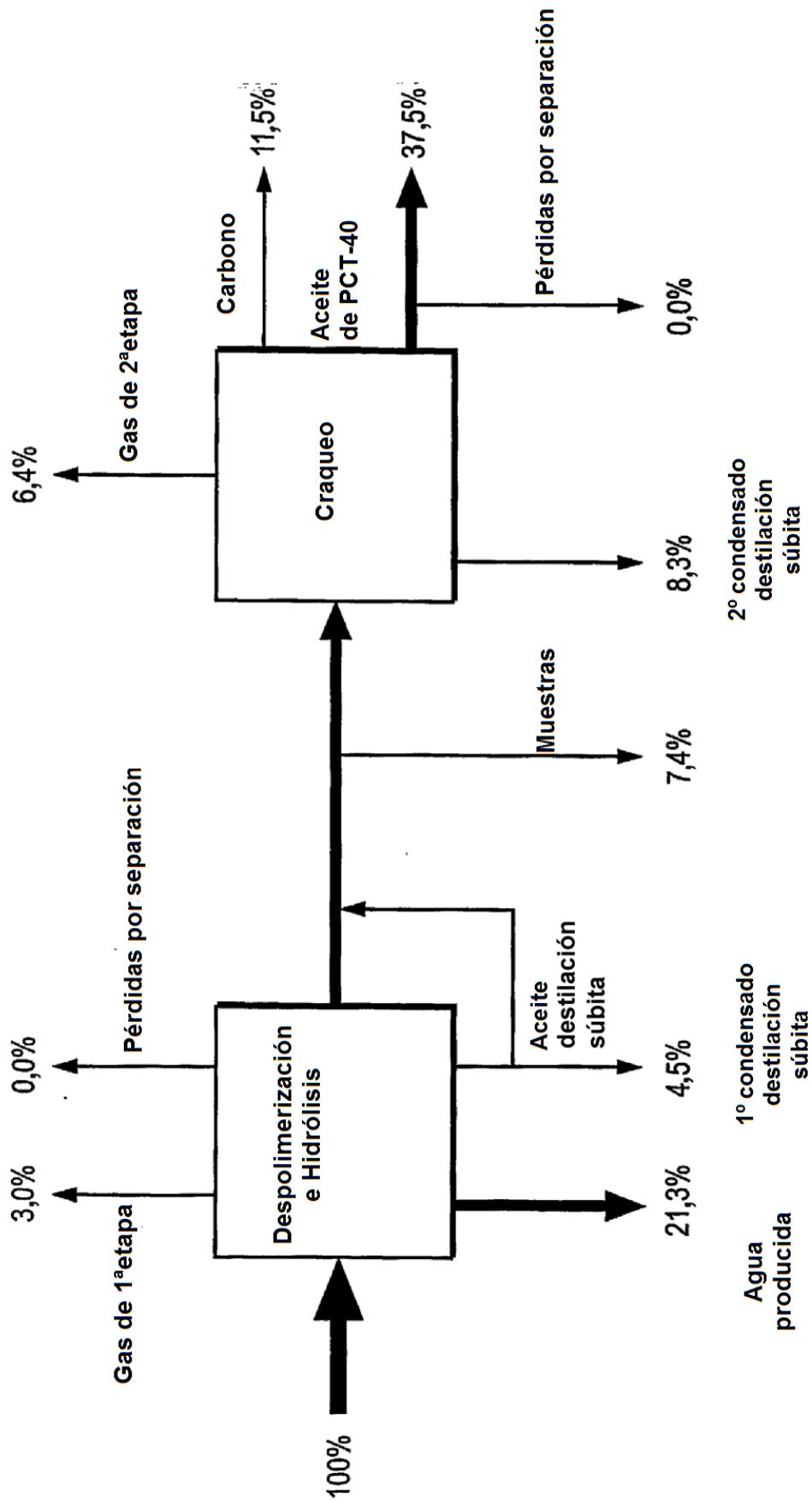


FIG. 23

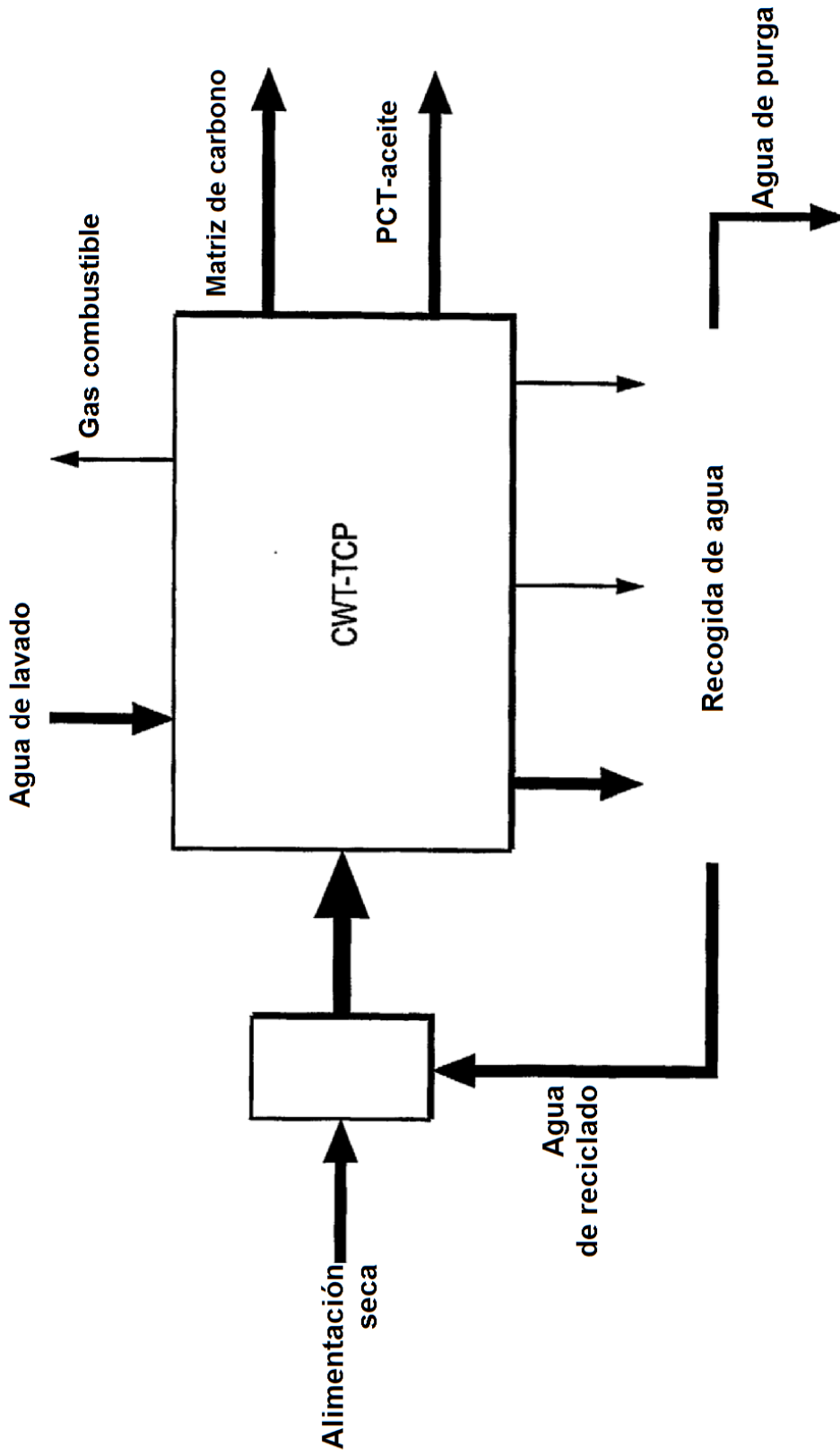


FIG. 24

- Intercambio de calor en contracorriente
- Entrada de agua líquida, salida de agua líquida

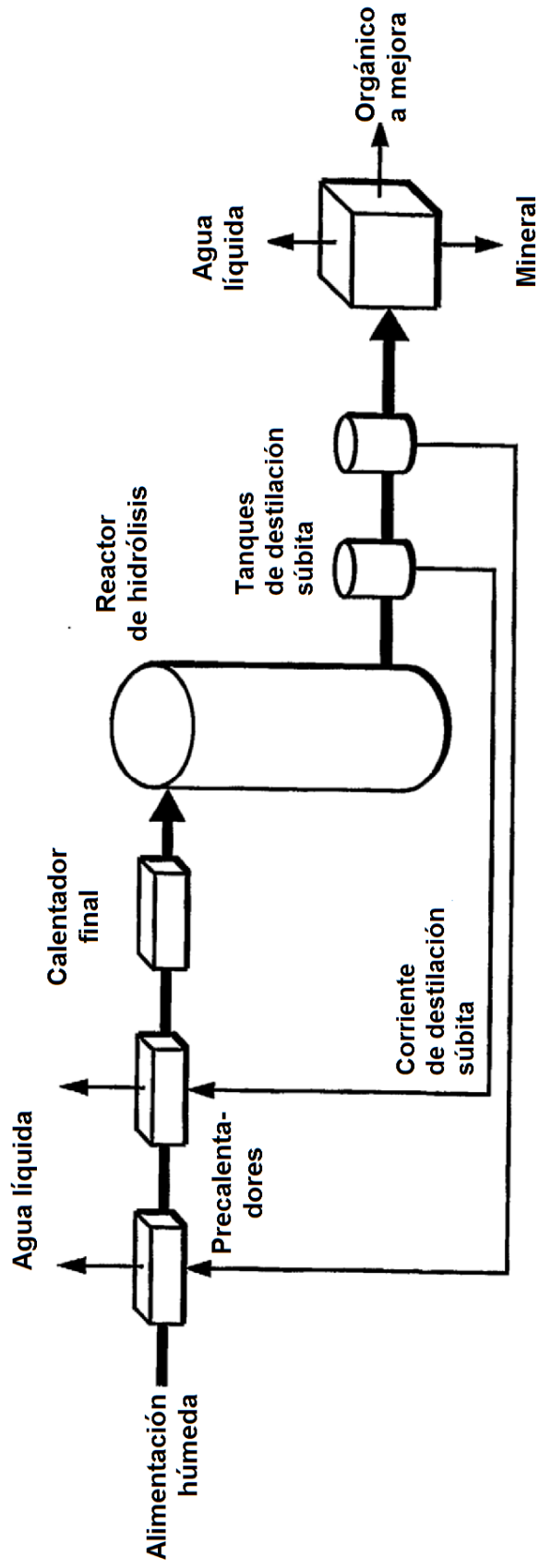


FIG. 25