

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 429 508**

51 Int. Cl.:

C10G 31/06 (2006.01)

C10B 55/04 (2006.01)

C10G 9/32 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.04.2000 E 00916713 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.06.2013 EP 1169412**

54 Título: **Procesamiento térmico rápido de materias primas de betún**

30 Prioridad:

07.04.1999 US 287958

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

15.11.2013

73 Titular/es:

**IVANHOE HTL PETROLEUM LTD (100.0%)
One East Liberty Street, Suite 424
Reno NV 89501, US**

72 Inventor/es:

**FREEL, BARRY A. y
GRAHAM, ROBERT G.**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 429 508 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

Procesamiento térmico rápido de materias primas de betún

La presente invención se refiere al procesamiento térmico rápido de materias primas de aceite viscosas. Más específicamente, esta invención se refiere al uso de pirólisis con el fin de mejorar y reducir la viscosidad de estos aceites.

Antecedentes de la invención

Los recursos de betún y aceite pesado están completando la disminución en la producción de petróleo crudo ligero y medio convencional, y se espera que la producción a partir de estos recursos aumente drásticamente. Se espera que la expansión de los oleoductos maneje el aumento en la producción de aceite pesado, sin embargo, el aceite pesado debe tratarse para permitir su transporte mediante el oleoducto. En la actualidad, los crudos de aceite pesado y betún o bien se hacen transportables o bien mediante la adición de diluyentes o bien se mejoran para dar crudo sintético. Sin embargo, los crudos diluidos o crudos sintéticos mejorados son significativamente diferentes de los petróleos crudos convencionales. Como resultado, las combinaciones de betún o los crudos sintéticos no se procesan fácilmente en refinerías de craqueo catalítico fluido convencionales. Por tanto, en ambos casos la refinería debe estar configurada para manejar materias primas o bien diluidas o bien mejoradas.

Muchas materias primas de hidrocarburos pesados también se caracterizan porque comprenden cantidades significativas de BS&W (agua y sedimento de fondo). Tales materias primas no son adecuadas para poder transportarse mediante el oleoducto, o mejorarse debido a la arena, el agua y las propiedades corrosivas de la materia prima. Normalmente, las materias primas caracterizadas por tener menos del 0,5% en peso de BS&W pueden transportarse mediante el oleoducto, y las que comprenden una mayor cantidad de BS&W requieren algún grado de procesamiento y tratamiento para reducir el contenido en BS&W antes del transporte. Tal procesamiento puede incluir almacenamiento para dejar que el agua y los productos particulados se sedimenten, seguido por tratamiento térmico eliminar el agua y otros componentes. Sin embargo, estas manipulaciones son costosas y requieren mucho tiempo. Por tanto, existe una necesidad dentro de la técnica de un método eficaz para mejorar la materia prima que comprende un contenido en BS&W significativo antes del transporte o el procesamiento adicional de la materia prima.

Los betunes y aceites pesados pueden mejorarse usando una gama de procesos rápidos que incluyen procedimientos térmicos (por ejemplo los documentos US 4.490.234; US 4.294.686; US 4.161.442), hidro craqueo (documento US 4.252.634), reducción de la viscosidad (documentos US 4.427.539; US 4.569.753; US 5.413.702) o craqueo catalítico (documentos US 5.723.040; US 5.662.868; US 5.296.131; US 4.985.136; US 4.772.378; US 4.668.378, US 4.578.183). Varios de estos procesos, tales como reducción de la viscosidad o craqueo catalítico, utilizan materiales de contacto particulados o bien inertes o bien catalíticos dentro de reactores de flujo ascendente o de flujo descendente. Los materiales de contacto catalíticos se basan en su mayor parte en zeolitas (véase por ejemplo los documentos US 5.723.040; US 5.662.868; US 5.296.131; US 4.985.136; US 4.772.378; US 4.668.378, US 4.578.183; US 4.435.272; US 4.263.128), mientras que la reducción de viscosidad utiliza normalmente material de contacto inerte (por ejemplo los documentos US 4.427.539; US 4.569.753), sólidos carbonosos (por ejemplo el documento US 5.413.702) o sólidos de caolín inertes (por ejemplo el documento US 4.569.753).

El uso de unidades de craqueo catalítico fluido (CCF), u otras, para el procesamiento directo de materias primas de betún se conoce en la técnica. Sin embargo, muchos compuestos presentes dentro de las materias primas de crudo interfieren con estos procesos depositándose en el propio material de contacto. Estos contaminantes de la materia prima incluyen metales tales como vanadio y níquel, precursores de coque tales como carbono de Conradson y asfaltenos, y azufre, y el depósito de estos materiales da como resultado el requisito de la regeneración extensa del material de contacto. Esto es especialmente cierto para el material de contacto empleado con procesos de CCF como craqueo eficaz y el control de temperatura apropiado del proceso requiere materiales de contacto que comprendan poco o ningún materiales de depósito combustible o metales que interfieran con el proceso catalítico.

Para reducir la contaminación del material catalítico dentro de las unidades de craqueo catalítico, se ha sugerido el pretratamiento de la materia prima por medio de procesamientos de reducción de la viscosidad (documentos US 5.413.702; US 4.569.753; US 4.427.539), procedimientos térmicos (documentos US 4.252.634; US 4.161.442) u otros, normalmente usando reactores de tipo CCF, que funcionan a temperaturas por debajo de las requeridas para el craqueo de la materia prima (por ejemplo los documentos US 4.980.045; US 4.818.373 y US 4.263.128;). Estos sistemas funcionan en serie con unidades de CCF y funcionan como pretratadores para CCF. Estos procesos de pretratamiento están diseñados para eliminar materiales contaminantes de la materia prima, y funcionan en condiciones que mitigan cualquier craqueo. Esto garantiza que cualquier mejora y craqueo controlado de la materia prima tiene lugar dentro del reactor de CCF en condiciones óptimas.

Varios de estos procedimientos (por ejemplo los documentos US 4.818.373; US 4.427.539; US 4.311.580; US

4.232.514; US 4.263.128;) se han adaptado específicamente para procesar “aceites residuales” (es decir, materias primas producidas a partir de la destilación fraccionada de un petróleo crudo completo) y fracciones de fondo, con el fin de optimizar la recuperación a partir del suministro de materia prima inicial. Los procedimientos dados a conocer para la recuperación de aceites residuales, o fracciones de fondo, son físicos e implican vaporización selectiva o destilación fraccionada de la materia prima con cambio químico mínimo o ninguno de la materia prima. Estos procedimientos también se combinan con eliminación de metales y proporcionan materias primas adecuadas para el procesamiento de CCF. La vaporización selectiva del aceite residual tiene lugar en condiciones sin craqueo, sin ninguna reducción en la viscosidad de los componentes de la materia prima, y garantiza que el craqueo se produzca dentro de un reactor de CCF en condiciones controladas. Ninguno de estos enfoques da a conocer la mejora de la materia prima dentro de este procedimiento de pretratamiento (es decir, eliminación de metales y coque). Otros procedimientos para el tratamiento térmico de materias primas implican adición de hidrógeno (hidrogenación) lo que da como resultado algunos cambios químicos en la materia prima.

El documento US 4.294.686 da a conocer un procedimiento de destilación por vapor en presencia de hidrógeno para el pretratamiento de la materia prima para el procesamiento de CCF. Este documento también indica que este procedimiento también puede usarse para reducir la viscosidad de la materia prima de modo que la materia prima puede ser adecuada para el transporte dentro de un oleoducto. Sin embargo, no se da a conocer el uso de reactores de tiempo de residencia corto para producir una materia prima transportable.

El documento US 4.080.285 da a conocer un procedimiento para el craqueo en vertical no catalítico del aceite de esquisto sometido a retorta para producir etileno en presencia de sólidos arrastrados en caliente, inertes.

Existe una necesidad en la técnica de un procedimiento de mejora rápido y eficaz de una materia prima de betún que implica una mejora química parcial o un craqueo suave de la materia prima con el fin de obtener un producto caracterizado porque tiene una viscosidad reducida en comparación con el material de partida. De manera ideal, este procedimiento podrá adaptarse a materias primas que comprenden cantidades significativas de BS&W. Este producto podrá transportarse para su mejora y procesamiento adicionales. Un procedimiento de este tipo no implicará ninguna actividad catalítica-de craqueo debido a la contaminación conocida de materiales de contacto catalizadores con componentes presentes en las materias primas de betún o aceite pesado. El procedimiento de mejora rápido y eficaz producirá un producto caracterizado porque tiene viscosidad reducida, contenido en metales reducido, API aumentada y un rendimiento de producto óptimo.

La presente invención se refiere a la mejora de materias primas de betún, que utiliza un reactor pirolítico de residencia corta que funciona en condiciones que craquean y mejoran químicamente la materia prima. La materia prima usada con este procedimiento puede comprender niveles significativos de BS&W y todavía procesarse eficazmente, aumentando de ese modo la eficacia del manejo de la materia prima. El procedimiento de la presente invención proporciona la preparación de una materia prima parcialmente mejorada que presenta viscosidad reducida y gravedad API aumentada. El procedimiento descrito en el presente documento elimina de manera selectiva metales, sales, agua y nitrógeno de la materia prima, mientras que al mismo tiempo maximiza el rendimiento de líquido, y minimiza la producción de coque y gas. Además, este procedimiento reduce la viscosidad de la materia prima hasta un grado que puede permitir el transporte por el oleoducto de la materia prima sin adición de diluyentes. El producto parcialmente mejorado permite opcionalmente el transporte de la materia prima hasta ubicaciones remotas mejor equipadas para manejar el refino. Tales instalaciones están ubicadas normalmente a una distancia desde el punto en el que se obtiene la materia prima de crudo.

Sumario de la invención

La presente invención se refiere al procesamiento térmico rápido de materias primas de betún. Más específicamente, esta invención se refiere al uso de pirólisis con el fin de mejorar y reducir la viscosidad de estos aceites.

Según la presente invención se proporciona un método de producción de un producto líquido mejorado a partir de betún para el transporte de dicho producto líquido mejorado mediante oleoducto hasta una ubicación remota para su refino, comprendiendo dicho método:

- i) proporcionar arena de sílice como portador de calor particulado al interior de un reactor de flujo ascendente;
- ii) introducir dicho betún en un estado precalentado en dicho reactor de flujo ascendente en al menos una ubicación por encima de la de dicho portador de calor particulado de modo que una razón de carga de dicho portador de calor particulado con respecto a dicho betún o aceite pesado es de desde 10:1 hasta 200:1; en el que dicho reactor de flujo ascendente se ejecuta a una temperatura de desde 480°C hasta 620°C;

iii) permitir que dicho betún interactúe con dicho portador de calor con un tiempo de residencia de menos de aproximadamente 5 segundos, para producir una corriente de producto;

iv) separar dicha corriente de producto de dicho portador de calor particulado;

v) regenerar dicho portador de calor particulado; y

5 vi) recoger un producto gaseoso y dicho producto líquido mejorado a partir de dicha corriente de producto, en el que dicho producto líquido mejorado presenta una gravedad API aumentada, un punto de fluidez reducido, una viscosidad reducida y un nivel reducido de contaminantes con respecto a dicho betún.

Preferiblemente, la razón de carga del método tal como se explicó de manera resumida anteriormente es de desde 20:1 hasta 30:1.

10 La presente invención también se refiere al método tal como se definió anteriormente, en el que el tiempo de residencia es de desde 0,5 hasta 2 segundos.

Esta invención también se refiere al método anterior en el que los contaminantes, incluyendo carbono de Conradson (coque), BS&W, níquel y vanadio se eliminan de la materia prima o se depositan sobre el portador de calor

15 La presente invención también incluye el método tal como se definió anteriormente, en el que dicha corriente de producto de una primera ejecución de pirólisis se separa en una fracción más ligera y una fracción más pesada, recogiendo la fracción más ligera a partir de la corriente de producto, y recirculándose la fracción más pesada de nuevo al interior del reactor de flujo ascendente para su procesamiento adicional en una segunda ejecución de pirólisis para producir una segunda corriente de producto. Preferiblemente, el procesamiento adicional incluye mezclar la fracción más pesada con el portador de calor particulado, en el que la temperatura del portador de calor
20 particulado de la segunda ejecución de pirólisis está a aproximadamente, o por encima de, la usada en el procesamiento de la materia prima en la primera ejecución de pirólisis. El tiempo de residencia de la segunda ejecución de pirólisis es el mismo que, o más largo que, el tiempo de residencia de la primera ejecución de pirólisis. Además, la fracción más pesada puede añadirse a la materia prima no procesada antes de introducirse en el reactor de flujo ascendente para la segunda ejecución de pirólisis.

25 Un betún mejorado se caracteriza por las siguientes propiedades:

i) una gravedad API de desde 10 hasta 21;

ii) una densidad de desde 0,93 hasta 1,0;

iii) una viscosidad a 40°C (cSt) de desde 15 hasta 300; y

iv) un contenido en vanadio reducido de 60 a 100 ppm; y

30 v) un contenido en níquel reducido de 10 a 50 ppm.

El producto líquido se caracteriza porque tiene al menos una de las siguientes propiedades:

i) menos del 50% de los componentes que se desprenden a temperaturas por encima de 538°C durante la destilación simulada;

35 ii) desde el 60% hasta el 95% del producto que se desprende por debajo de 538°C durante la destilación simulada;

iii) desde el 1,0% hasta el 10% del producto líquido que se desprende por debajo de 193°C durante la destilación simulada;

iv) desde el 2% hasta el 6% del producto líquido que se desprende entre 193-232°C durante la destilación simulada;

40 v) desde el 10% hasta el 25% del producto líquido que se desprende entre 232-327°C durante la destilación simulada;

vi) desde el 6% hasta el 15% del producto líquido que se desprende entre 327-360°C durante la destilación simulada; y

vii) desde el 34,5% hasta el 60% del producto líquido que se desprende entre 360-538°C durante la destilación simulada.

Un reactor de pirólisis de flujo ascendente para mejorar la materia prima de hidrocarburo pesado comprende

- i) un medio para precalentar la materia prima de hidrocarburo pesado;
- 5 ii) al menos un medio de inyección en al menos una de una pluralidad de ubicaciones a lo largo del reactor de flujo ascendente, siendo el al menos un medio de inyección para introducir la materia prima de hidrocarburo pesado en el reactor de flujo ascendente;
- 10 iii) una entrada para introducir un portador de calor particulado, ubicándose la entrada por debajo del al menos un medio de inyección, estando presente el portador de calor particulado a una razón de carga de al menos 10:1;
- iv) una sección de conversión dentro del reactor de flujo ascendente;
- v) un medio de separación en una salida del reactor de flujo ascendente para separar los productos gaseosos y líquidos del portador de calor particulado;
- 15 vi) un medio de regeneración del portador de calor particulado;
- vii) una tubería de recirculación de portador de calor particulado desde el medio de regeneración hasta la entrada para suministrar el portador de calor particulado a dicha sección de mezclado;
- viii) un medio de condensación para enfriar y condensar los productos líquidos;

20 En el reactor de flujo ascendente tal como se definió anteriormente, la pluralidad de ubicaciones incluye ubicaciones distribuidas a lo largo de la longitud de dicho reactor. Además, el reactor de flujo ascendente puede comprender un medio de condensador caliente antes del medio de condensación. Preferiblemente, el portador de calor particulado es arena de sílice, y la razón de carga es de desde 20:1 hasta 30:1. El reactor de flujo ascendente tal como se definió anteriormente puede comprender también un medio de recirculación de producto de fracción pesada desde el medio de condensación caliente hasta el medio de inyección del reactor de flujo ascendente.

25 La presente invención aborda la necesidad en la técnica de un procedimiento de mejora rápido de materia prima de betún que implica una mejora química parcial o un craqueo suave de la materia prima. Este producto, si se desea, puede hacerse transportable para su procesamiento y mejora adicionales. El procedimiento tal como se describe en el presente documento también reduce los niveles de contaminantes dentro de las materias primas, mitigando de ese modo la contaminación de los materiales de contacto catalíticos con componentes presentes en materias primas de betún.

30 Además, puede procesarse una gama de materias primas de hidrocarburo pesado mediante los métodos descritos en el presente documento, incluyendo materias primas que comprenden cantidades significativas de BS&W. Las materias primas que comprenden un contenido en BS&W significativo no pueden transportarse debido a sus propiedades corrosivas. Las prácticas actuales para el tratamiento de materias primas para disminuir su contenido en BS&W requieren mucho tiempo y son costosas, y todavía requieren procesamiento adicional o mejora parcial antes del transporte. Los métodos descritos en el presente documento permiten el uso de materias primas que tienen un componente de BS&W sustancial, y producen un producto líquido que está parcialmente mejorado y es adecuado para el oleoducto u otros métodos de transporte. Por tanto, la presente invención proporciona el procesamiento anterior del betún y reduce tiempos de procesamiento y costes asociados.

Breve descripción de los dibujos

40 Estas y otras características de la invención resultarán más evidentes a partir de la siguiente descripción en la que se hace referencia a los dibujos adjuntos en los que:

La figura 1 es un dibujo esquemático de una realización de la presente invención que se refiere a un sistema para el procesamiento pirolítico de materias primas.

45 La figura 2 es un dibujo esquemático de una realización de la presente invención que se refiere al sistema de alimentación para introducir la materia prima en el sistema para el procesamiento pirolítico de materias primas.

La figura 3 es un dibujo esquemático de una realización de la presente invención que se refiere al sistema de

alimentación para introducir la materia prima en la segunda fase de un procedimiento de dos fases usando el sistema para el procesamiento pirolítico de materias primas tal como se describe en el presente documento.

5 La figura 4 es un dibujo esquemático de una realización de la presente invención que se refiere al sistema de recuperación para obtener materia prima para o bien recogerse desde un condensador primario, o bien recircularse a la segunda fase de un procedimiento de dos fases usando el sistema para el procesamiento pirolítico de materias primas descrito en el presente documento.

La figura 5 es un dibujo esquemático de una realización de la presente invención que se refiere a un sistema de múltiples fases para el procesamiento pirolítico de materias primas.

Descripción de la realización preferida

10 La presente invención se refiere al procesamiento térmico rápido de betún. Más específicamente, esta invención se refiere al uso de pirólisis con el fin de mejorar y reducir la viscosidad de estos aceites.

La siguiente descripción es de una realización preferida sólo a modo de ejemplo y sin limitación a la combinación de características necesarias para llevar a efecto la invención.

15 La materia prima puede comprender cantidades significativas de BS&W (agua y sedimento de fondo), por ejemplo, pero sin limitarse a, un contenido en BS&W de más del 0,5% (% en peso). Estas materias primas de betún normalmente son viscosas y difíciles de transportar. Los betunes comprenden normalmente una gran proporción de hidrocarburos polinucleares complejos (asfaltenos) que se añaden a la viscosidad de esta materia prima y se requiere alguna forma de pretratamiento de esta materia prima para su transporte. Tal pretratamiento incluye normalmente dilución en disolventes antes del transporte.

20 Normalmente, las materias primas derivadas de arenas bituminosas (véase el ejemplo 1 para un análisis de los ejemplos, que no se consideran limitativos, de tales materias primas) se procesan previamente antes de mejorarlas, tal como se describe en el presente documento, con el fin de concentrar el betún. Sin embargo, el procesamiento previo también puede incluir métodos conocidos dentro de la técnica, incluyendo tratamientos con agua caliente o fría, o extracción con disolvente que produce una disolución de betún-gasóleo. Estos tratamientos de procesamiento
25 previo normalmente reducen el contenido en arena del betún. Por ejemplo, un tratamiento de procesamiento previo con agua de este tipo implica la formación de una suspensión espesa de betún que contiene arenas bituminosas-agua caliente/NaOH, de la que se permite que se sedimente la arena, y se añade más agua caliente al betún que flota para diluir la base y garantizar la eliminación de la arena. El procesamiento con agua fría implica precipitar las arenas bituminosas en agua y hacer flotar las arenas bituminosas que contienen betún en aceite combustible, entonces diluir el betún con disolvente y separar el betún del residuo de arena-agua. Una descripción más completa del procesamiento con agua fría se da a conocer en el documento US 4.818.373. Tales materias primas procesadas previamente o pretratadas también pueden usarse para el procesamiento adicional descrito en el presente documento.

35 El producto líquido que surge a partir de este procedimiento descrito en el presente documento puede ser adecuado para el transporte dentro de un oleoducto para permitir el procesamiento adicional de la materia prima en otra parte. Normalmente, el procesamiento adicional se produce en un lugar lejos de donde se obtiene la materia prima. Sin embargo, se considera dentro del alcance de la presente invención que el producto líquido producido usando el presente método también puede suministrarse directamente a una unidad que puede mejorar adicionalmente la materia prima, tal como, pero sin limitarse a, CCF, coquización, reducción de la viscosidad, hidrocrackeo o pirólisis etc. En esta capacidad, el reactor pirolítico de la presente invención mejora parcialmente la materia prima mientras
40 que al mismo tiempo actúa como pretratador de la materia prima para su procesamiento adicional, tal como se da a conocer en, por ejemplo, pero sin limitarse a los documentos US 5.662.868; US 4.980.045; US 4.818.373; US 4.569.753; US 4.435.272; US 4.427.538; US 4.427.539; US 4.328.091; US 4.311.580; US 4.243.514; US 4.294.686.

45 Las materias primas de la presente invención se procesan usando un reactor de pirólisis rápida, tal como el dado a conocer en el documento US 5.792.340 (documentos WO 91/11499; EP 513.051) que implica tiempos de contacto entre el portador de calor y la materia prima de desde 0,01 hasta 2 s. También pueden emplearse otros reactores verticales conocidos con tiempos de residencia cortos, por ejemplo, pero sin limitarse a los documentos US 4.427.539, 4.569.753, 4.818.373, 4.243.514.

50 Se prefiere que el portador de calor usado en el reactor de pirólisis presente actividad catalítica baja. Un portador de calor de este tipo es arena de sílice. Por arena de sílice quiere decirse una arena que comprende más del 30% de sílice, preferiblemente más del 95% de sílice, y más preferiblemente más del 99% de sílice. Otros componentes de la arena de sílice pueden incluir, pero no se limitan a, desde el 0,01% (aproximadamente 100 ppm) hasta el 0,04% (400 ppm) de óxido de hierro, de manera preferible aproximadamente el 0,035% (358 ppm); aproximadamente el 0,00037% (3,78 ppm) de óxido de potasio; aproximadamente el 0,00688% (68,88 ppm) de óxido de aluminio;

5 aproximadamente 0,0027 (27,25) de óxido de magnesio; y aproximadamente el 0,0051% (51,14 ppm) de óxido de calcio. Debe entenderse que la composición anterior es un ejemplo de una arena de sílice que puede usarse como un portador de calor descrito en el presente documento, sin embargo, pueden existir variaciones dentro de las proporciones de estos componente en otras arenas de sílice y todavía ser adecuadas para su uso como portador de calor.

El procesamiento de materias primas usando pirólisis rápida da como resultado la producción de vapores de producto y subproductos sólidos asociados con el portador de calor. Tras la eliminación del portador de calor de la corriente de producto, se condensan los vapores de producto para obtener un producto líquido y subproductos gaseosos.

10 Siguiendo los métodos descritos en el presente documento, un producto líquido obtenido del procesamiento de la materia prima de betún se caracteriza porque tiene:

- una gravedad API de desde 10 hasta 21;
- una densidad a 15°C de desde 0,93 hasta 1,0;
- contenido en metales muy reducido, incluyendo V y Ni.

15 • una viscosidad muy reducida de más de 20 veces inferior a la de la materia prima (por ejemplo determinada a 40°C), y

- rendimientos de producto líquido de al menos el 60% en volumen, preferiblemente los rendimientos son mayores de aproximadamente el 75% en volumen.

20 Los altos rendimientos y la viscosidad reducida del producto líquido producido según esta invención pueden permitir que el producto líquido se transporte mediante el oleoducto hasta refinerías para el procesamiento adicional con la adición de pocos o ningún diluyente. Además, los productos líquidos presentan niveles reducidos de contaminantes (por ejemplo metales y agua), con el contenido de azufre y nitrógeno ligeramente reducido. Por tanto, el producto líquido también puede usarse como materia prima, o bien directamente o bien tras el transporte, para el procesamiento adicional usando, por ejemplo, CCF, hidrocrackeo etc.

25 Además, los productos líquidos de la presente invención pueden caracterizarse usando análisis de destilación simulada (DesSim), tal como se conoce comúnmente en la técnica, por ejemplo pero sin limitarse a la norma ASTM D 5307-97 o HT 750 (NCUT). El análisis de DesSim indica que los productos líquidos obtenidos tras el procesamiento de betún pueden caracterizarse mediante cualquiera de, o una combinación de, las siguientes propiedades (véanse los ejemplos 1, 2 y 5):

30 • tener menos del 50% de sus componentes que se desprenden a temperaturas por encima de 538°C (fracción de aceite residual a vacío);

- comprender desde el 60% hasta el 95% del producto que se desprende por debajo de 538°C. Preferiblemente, desde el 62% hasta el 85% del producto se desprende durante la DesSim por debajo de 538°C (es decir, antes de la fracción de aceite residual a vacío);

35 • tener desde el 1,0% hasta el 10% del producto líquido que se desprende por debajo de 193°C. Preferiblemente, desde el 1,2% hasta el 6,5% se desprende por debajo de 193°C (es decir, antes de la fracción de nafta/queroseno);

- tener desde el 2% hasta el 6% del producto líquido que se desprende entre 193-232°C. Preferiblemente, desde el 2,5% hasta el 5% se desprende entre 193-232°C (fracción de queroseno);

40 • tener desde el 10% hasta el 25% del producto líquido que se desprende entre 232-327°C. Preferiblemente, desde el 13 hasta el 24% se desprende entre 232-327°C (fracción de combustible diesel);

- tener desde el 6% hasta el 15% del producto líquido que se desprende entre 327-360°C. Preferiblemente, desde el 6,5 hasta el 11% se desprende entre 327-360°C (fracción de VGO ligera);

- tener desde el 34,5% hasta el 60% del producto líquido que se desprende entre 360-538°C. Preferiblemente, desde el 35 hasta el 55% se desprende entre 360-538°C (fracción de VGO pesada);

45 Un primer método para mejorar una materia prima para obtener productos líquidos con propiedades deseadas implica un procedimiento de una fase. Con referencia a la figura 1, brevemente, el sistema de pirólisis rápida incluye

un sistema de alimentación indicado generalmente como (10; véanse también las figuras 2 y 3), que inyecta la materia prima al interior de un reactor (20), un sistema de separación del portador de calor que separa el portador de calor del vapor de producto (por ejemplo 100 y 180) y recircula el portador de calor al sistema (30) de recalentamiento/regeneración, un sistema (30) de recalentamiento del portador de calor inorgánico particulado que recalienta y regenera el portador de calor y condensadores primarios (40) y secundarios (50) que recogen el producto. La materia prima precalentada entra en el reactor justo por debajo de la zona (170) de mezclado y se pone en contacto con la corriente de flujo ascendente del portador de calor inerte caliente dentro de un fluido de transporte, normalmente una gas de recirculación suministrado por una tubería (210) de gas de recirculación. Tienen lugar un mezclado rápido y concienzudo y una transferencia de calor por conducción desde el portador de calor hasta la materia prima en la sección de conversión de tiempo de residencia corto del reactor. La materia prima puede entrar en el reactor a través de al menos una de varias ubicaciones a lo largo de la longitud del reactor. Los diferentes puntos de entrada indicados en las figuras 1 y 2 son ejemplos no limitativos de tales ubicaciones de entrada. Proporcionando diversos puntos de entrada a lo largo de la longitud del reactor, puede variarse la duración del tiempo de residencia dentro del reactor. Por ejemplo, para tiempos de residencia más largos, la materia prima entra en el reactor en una ubicación más baja en la parte inferior del reactor, mientras que, para tiempos de residencia más cortos, la materia prima entra en el reactor en una ubicación más alta en la parte superior del reactor. En todos estos casos, la materia prima introducida se mezcla con el portador de calor que fluye de manera ascendente en la zona (170) de mezclado del reactor. Los vapores de producto producidos durante la pirólisis se enfrían y se recogen usando un medio (40, 50) condensador adecuado con el fin de obtener un producto líquido.

Debe entenderse que pueden usarse otros sistemas de pirólisis rápida, que comprenden diferencias en el diseño del reactor, que utilizan separadores del portador de calor, diferentes números o tamaños de condensadores, o diferentes medios de condensación, para la preparación del producto mejorado de esta invención. Por ejemplo, lo que no debe considerarse limitativo, los reactores dados a conocer en los documentos US 4.427.539, 4.569.753, 4.818.373, 4.243.514 pueden modificarse para funcionar en las condiciones explicadas resumidamente en el presente documento para la producción de un producto mejorado químicamente con una API aumentada y viscosidad reducida.

Tras la pirólisis de la materia prima en presencia del portador de calor inerte, se depositan algunos contaminantes presentes en la materia prima sobre el portador de calor inerte. Estos contaminantes incluyen metales (especialmente níquel y vanadio), coque y en cierto grado nitrógeno y azufre. Por tanto, el portador de calor inerte requiere regeneración (30) antes de su reintroducción en la corriente de reacción. El portador de calor puede regenerarse por medio de combustión dentro de un lecho fluido a una temperatura de 600 a 900°C. Además, según se requiera, los depósitos también pueden eliminarse del portador de calor mediante un tratamiento con ácido, por ejemplo tal como se da a conocer en el documento US 4.818.373 (que se incorpora como referencia). El portador de calor calentado, regenerado, se reintroduce entonces en el reactor (20) y actúa como portador de calor para la pirólisis rápida.

El sistema (10) de alimentación proporciona una materia prima precalentada al reactor (20). Un ejemplo de un sistema de alimentación que no debe considerarse limitativo de ninguna manera se muestra en la figura 2, sin embargo, otras realizaciones del sistema de alimentación están dentro del alcance de la presente invención, por ejemplo pero sin limitarse a una unidad de precalentamiento de alimentación tal como se muestra en la figura 5 (tratado a continuación) y puede usarse opcionalmente junto con un sistema de alimentación (10; figura 5). El sistema de alimentación (generalmente mostrado como 10, figuras 1 y 2) está diseñado para proporcionar un flujo regulado de materia prima precalentada a la unidad (20) del reactor. El sistema de alimentación mostrado en la figura 2 incluye una cámara (110) de equilibrio de precalentamiento de la materia prima, calentada usando calentadores (130) de banda externa hasta 80°C, y está asociado con una bomba (120) de recirculación/transferencia. La materia prima se calienta de manera constante y se mezcla en esta cámara a 80°C. La materia prima caliente se bombea desde la cámara de equilibrio hasta una cámara (140) de alimentación primaria, también calentada usando calentadores (130) de banda externa, según se requiera. Sin embargo, debe entenderse que también pueden emplearse variaciones en el sistema de alimentación, con el fin de proporcionar una materia prima calentada al reactor. La cámara (140) de alimentación principal también puede estar equipada con una bomba (150) de recirculación/suministro. Las tuberías (160) de transferencia marcadas con calor se mantienen a aproximadamente 150°C y precalientan la materia prima antes de su entrada al interior del reactor por medio de una boquilla (170) de inyección. La atomización en la boquilla (70) de inyección colocada cerca de la zona (170) de mezclado dentro del reactor (20) puede lograrse mediante cualquier medio adecuado. La disposición del orificio debe proporcionar un flujo disperso homogéneo de material en el reactor. Por ejemplo, lo que no se considera limitativo de ninguna manera, puede usarse presión mecánica usando una boquilla de atomización de flujo de una única fase, o de atomización de flujo de dos fases. Con una boquilla atomización de flujo de dos fases puede usarse aire precalentado, nitrógeno o gas de subproducto recirculado como portador. También se dispersa la instrumentación a lo largo de todo este sistema para el control de retroalimentación preciso (por ejemplo transmisores de presión, sensores de temperatura, controladores de DC, flujómetros de gas de válvulas de 3 vías etc.) del sistema.

La conversión de la materia prima se inicia en la zona de mezclado (170; por ejemplo en la figura 1) a temperaturas moderadas y continúa a través de la sección de conversión dentro de la unidad (20) del reactor y conexiones (por ejemplo tuberías, canalizaciones) hasta el sistema de separación principal (por ejemplo 100) en el que la masa del portador de calor se elimina de la corriente de vapor del producto. El portador de calor sólido y el subproducto de coque sólido se eliminan de la corriente de vapor del producto en una unidad de separación principal. Preferiblemente, la corriente de vapor del producto se separa del portador de calor tan rápido como sea posible tras salir del reactor (20), de modo que el tiempo de residencia de la corriente de vapor de producto en presencia del portador de calor es tan corto como sea posible.

La unidad de separación principal puede ser cualquier dispositivo de separación de sólidos adecuado, por ejemplo sin limitarse a un separador ciclónico, un separador en forma de U, o un separador de Rams Horn tal como se conocen en la técnica. Un separador ciclónico se muestra esquemáticamente en las figuras 1, 3 y 4. El separador de sólidos, por ejemplo un ciclón (100) primario, está equipado preferiblemente con un revestimiento resistente a la abrasión alta. Cualquier sólido que evite la recogida en el sistema de recogida primario se porta aguas abajo y se recupera en un sistema (180) de recogida secundaria. La unidad de separación secundaria puede ser la misma que la unidad de separación primaria, o puede comprender un dispositivo separación de sólidos alternativo, por ejemplo pero sin limitarse a un separador ciclónico, un separador de 1/4 de vuelta, por ejemplo un separador de Rams Horn, o un separador de choque de flujos, tal como se conocen en la técnica. Un separador (180) ciclónico secundario se representa gráficamente en las figuras 1 y 4, sin embargo, pueden usarse otros separadores como unidad separadora secundaria.

Los sólidos que se han eliminado en los sistemas de recogida primario y secundario se transfieren a un recipiente para la regeneración del portador de calor, por ejemplo, pero sin limitarse a un sistema (30) recalentador de contacto directo. En un sistema (30) recalentador de contacto directo, se oxidan el coque y los gases de subproductos para proporcionar energía térmica de procedimientos que se lleva directamente al portador de calor sólido, así como a la regeneración del portador de calor. La temperatura del recalentador de contacto directo se mantiene independiente del sistema de conversión de materia prima (reactor). Sin embargo, tal como se indicó anteriormente, pueden emplearse otros métodos para la regeneración del portador de calor, por ejemplo pero sin limitarse a, tratamiento con ácido.

La corriente de producto caliente de la unidad de separación secundaria se extingue en una columna de recogida primaria (o condensador primario, 40; figura 1). La corriente de vapor se enfría rápidamente desde la temperatura de conversión hasta menos de 400°C. Preferiblemente, la corriente de vapor se enfría hasta aproximadamente 300°C. Puede extraerse producto de la columna primaria y bombearse (220) en tanques de almacenamiento de producto. Puede usarse un condensador (50) secundario para recoger cualquier material que sortee el condensador (40) primario. También se bombea (230) producto extraído del condensador (50) secundario al interior de tanques de almacenamiento de producto. El gas no condensable restante se comprime en un ventilador (190) y se devuelve una parte al sistema (30) de regeneración del portador de calor por medio de una tubería (200), y se devuelve el gas restante al reactor (20) mediante la tubería (210) y actúa como medio de portador de calor, y transporte.

Se prefiere que el reactor usado con el procedimiento de la presente invención pueda producir altos rendimientos de producto líquido por ejemplo al menos mayores del 60% en volumen, preferiblemente el rendimiento es mayor del 70% en volumen, y más preferiblemente el rendimiento es mayor del 80%, con mínima producción de subproductos tales como coque y gas. Sin querer limitar el alcance de la invención de ninguna manera, un ejemplo para las condiciones adecuadas para un tratamiento pirolítico de la materia prima, y la producción de un producto líquido se describe en el documento US 5.792.340. Este procedimiento utiliza arena (arena de sílice) como portador de calor, y una temperatura del reactor que oscila entre 480° y 620°C, razones de carga de portador de calor con respecto a materia prima de desde 10:1 hasta 200:1, y tiempos de residencia de desde 0,35 hasta 0,7 s. Preferiblemente, la temperatura del reactor oscila entre 500° y 550°C. La razón de carga preferida es de desde 15:1 hasta 50:1, con una razón más preferida de desde 20:1 hasta 30:1. Además, debe entenderse que pueden obtenerse tiempos de residencia más largos dentro del reactor, por ejemplo de hasta 5 s, si se desea, introduciendo la materia prima dentro del reactor en una posición hacia la base del reactor, aumentando la longitud del propio reactor, reduciendo la velocidad del portador de calor a través del reactor (siempre que haya suficiente velocidad para que el vapor de producto y el portador de calor salgan del reactor), o una combinación de los mismos. El tiempo de residencia preferido es de desde 0,5 hasta 2 s.

Sin querer restringirse a la teoría, se cree que la mejora química de la materia prima que tiene lugar dentro del sistema de reactor descrito anteriormente se debe en parte a las altas razones de carga de materia prima con respecto a portador de calor que se usan dentro del método de la presente invención. Las razones de carga de la técnica anterior oscilaban normalmente entre 5:1 y 12,5:1. Sin embargo, las razones de carga descritas en el presente documento, entre 15:1 y 200:1, dan como resultado una transferencia muy rápida, ablativa y constante de calor desde el portador de calor hasta la materia prima. El alto volumen y densidad del portador de calor dentro de las zonas de mezclado y conversión garantizan que se logre y se mantenga una temperatura de procesamiento rápida y regular. De esta manera las temperaturas requeridas para procesamientos de craqueo descritos en el presente documento se controlan fácilmente. Esto también permite el uso de temperaturas relativamente bajas para

5 minimizar el sobrecoque, garantizando al mismo tiempo que todavía se logra el craqueo suave de la materia prima. Además, con un aumento de la densidad de portador de calor en el reactor, los contaminantes y componentes no deseados presentes en la materia prima y subproductos de reacción, incluyendo metales (por ejemplo níquel y vanadio), coque, y hasta cierto grado nitrógeno y azufre, se adsorben fácilmente debido a la gran
10 área superficial del portador de calor presente. Esto garantiza la eliminación eficaz y óptima de contaminantes de la materia prima, durante el procesamiento pirolítico de la materia prima. Ya que se emplea un área superficial más grande del portador de calor, el propio portador de calor no está excesivamente contaminado, y cualquier metal o coque y similares adsorbido se retira fácilmente durante la regeneración del portador de calor. Con este sistema los tiempos de residencia pueden regularse cuidadosamente con el fin de optimizar el procesamiento de la materia prima y los rendimientos de producto líquido.

15 Siguiendo los métodos descritos en el presente documento, un producto líquido obtenido a partir del procesamiento de materia prima de betún tras un procesamiento de una única fase se caracteriza porque tiene, y lo que no se considera limitativo, un aumento de la gravedad API de al menos 10 (la API de la materia prima es normalmente de aproximadamente 8,6). De nuevo, pueden lograrse gravedades API más altas con una reducción de volumen. El producto obtenido a partir de betún también se caracteriza por tener una densidad de desde 0,93 hasta 1,0 y una viscosidad enormemente reducida de al menos 20 veces inferior a la de la materia prima (es decir, de desde 15 g/ml hasta 60 g/ml a 40°C en el producto, frente a la materia prima que comprende aproximadamente 1500 g/ml). Los rendimientos de producto líquido obtenido a partir de betún son de al menos el 60% en volumen, y preferiblemente mayores del 75% en volumen. El análisis de DesSim también demuestra propiedades significativamente diferentes
20 entre la materia prima de betún y el producto líquido tal como se produce en el presente documento. Los datos más destacados del análisis de DesSim indican que para una materia prima de betún, aproximadamente el 1% (% en peso) de la materia prima se retiró por destilación por debajo de 232°C (fracción de queroseno), aproximadamente el 8,6% a desde 232°C hasta 327°C (fracción de combustible diesel) y el 51,2% se desprendió por debajo de 538°C (fracción de aceite residual a vacío; véase el ejemplo 2 para el análisis completo). El análisis de DesSim del producto líquido producido a partir de betún descrito anteriormente puede caracterizarse, pero no se limita a las siguientes propiedades: aproximadamente el 5,7% (% en peso) se desprende por debajo de 232°C (fracción de queroseno), aproximadamente el 14,8% a desde 232°C hasta 327°C (fracción de combustible diesel) y el 29,9% dentro de la fracción de aceite residual a vacío (por encima de 538°C). De nuevo, estos resultados pueden diferir dependiendo de la materia prima usada, sin embargo, demuestran la alteración significativa en muchos de los
25 componentes del producto líquido en comparación con la materia prima de betún, y la tendencia general hacia componentes de peso molecular más bajo que se desprenden antes durante el análisis de DesSim en el producto líquido producido a partir del procesamiento térmico rápido.

Por tanto, la presente invención se refiere a un producto líquido obtenido a partir de procesamiento de una única fase de betún que se caracteriza porque tiene al menos una de las siguientes propiedades:

- 35 • tener menos del 50% de sus componentes que se desprenden a temperaturas por encima de 538°C (fracción de aceite residual a vacío);
- comprender desde el 60% hasta el 95% del producto que se desprende por debajo de 538°C. Preferiblemente, desde el 60% hasta el 95% del producto se desprende durante la DesSim por debajo de 538°C (es decir, antes de la fracción de aceite residual a vacío);
- 40 • tener desde el 1,0% hasta el 6% del producto líquido que se desprende por debajo de 193°C. Preferiblemente, desde el 1,2% hasta el 5% se desprende por debajo de 193°C (es decir, antes de la fracción de nafta/queroseno);
- tener desde el 2% hasta el 6% del producto líquido que se desprende entre 193-232°C. Preferiblemente, desde el 2,5% hasta el 5% se desprende entre 193-232°C (fracción de combustible diesel);
- 45 • tener desde el 12% hasta el 25% del producto líquido que se desprende entre 232-327°C. Preferiblemente, desde el 13 hasta el 18% se desprende entre 232-327°C (fracción de combustible diesel);
- tener desde el 5% hasta el 10% del producto líquido que se desprende entre 327-360°C. Preferiblemente, desde el 6,0 hasta el 8,0% se desprende entre 327-360°C (fracción de VGO ligera);
- tener desde el 40% hasta el 60% del producto líquido que se desprende entre 360-538°C. Preferiblemente, desde el 30 hasta el 55% se desprende entre 360-538°C (fracción de VGO pesada);

50 El producto líquido producido tal como se describe en el presente documento también presenta un alto grado de estabilidad. El análisis del producto líquido a lo largo de un periodo de 30 días indica un cambio insignificante en el perfil de DesSim, viscosidad, API y densidad para los productos líquidos producidos a partir de materias primas de o bien aceite pesado o bien betún (véanse los ejemplos 1 y 2).

Debido a que el craqueo no es tan riguroso, y el tiempo de residencia corto, reacciones no deseadas que pueden generar cantidades excesivas productos aromáticos y olefinas no deseados. Además, se ha encontrado que contaminantes tales como metales y agua se reducen significativamente. No hay concentración de contaminantes en el producto líquido.

5 También se da a conocer en el presente documento, que el procesamiento adicional del producto líquido obtenido a partir del procesamiento de materia prima de betún puede tener lugar siguiendo el método de esta invención. Tal procesamiento adicional puede utilizar condiciones que son muy similares al tratamiento de pirólisis rápida inicial de la materia prima, o las condiciones pueden modificarse para potenciar la eliminación de productos más ligeros (un procesamiento de una única fase con un craqueo suave) seguido por craqueo más fuerte de la fracción recirculada (es decir, un procedimiento de dos fases).
10

En el primer caso, el de procesamiento adicional en condiciones similares, el producto líquido de un primer tratamiento pirolítico se recircula de nuevo al reactor de pirólisis con el fin de mejorar adicionalmente las propiedades del producto final para producir un producto más ligero. En esta disposición, el producto líquido de la primera ronda de pirólisis se usa como materia prima para una segunda ronda de pirólisis tras haberse retirado la fracción más ligera del producto de la corriente de producto. Además, también puede llevarse a cabo una recirculación de material compuesto en la que la fracción pesada de la corriente de producto del primer procedimiento se alimenta de nuevo (recircula) al reactor junto con la adición de materia primera nueva (por ejemplo figura 3, descrito en más detalle a continuación).
15

El segundo método para mejorar una materia prima para obtener productos líquidos con propiedades deseadas implica un procedimiento pirolítico de dos fases (véanse las figuras 2 y 3). Este procedimiento de dos fases comprende una primera fase en la que la materia prima se expone a condiciones que craquean suavemente los componentes de hidrocarburos con el fin de evitar el sobrecraqueo y la producción de coque y gas en exceso. Un ejemplo de estas condiciones incluye, pero no se limita a, inyectar la materia prima a aproximadamente 150°C en una corriente de gas caliente que comprende el portador de calor en la entrada del reactor. Se procesa la materia prima con un tiempo de residencia inferior a aproximadamente un segundo dentro del reactor a menos de 500°C, por ejemplo 300°C. El producto, que comprende materiales más ligeros (materiales de punto de ebullición bajo) se separa (100 y 180, figura 3), y se retira tras la primera fase en el sistema (40) de condensación. Los materiales (240) más pesados, separados en el fondo del condensador (40) se recogen y se someten a un craqueo más fuerte dentro del reactor (20) con el fin de producir un producto líquido de viscosidad reducida y alto rendimiento. Las condiciones utilizadas en la segunda fase incluyen, pero no se limitan a, una temperatura de procesamiento de 530°C a 590°C. El producto de la segunda fase se procesa y se recoge tal como se explica resumidamente en la figura 1 usando ciclón primario y secundario (100, 180, respectivamente) y condensadores primarios y secundarios (40 y 50, respectivamente).
20
25
30

Tras un procedimiento de dos fases de este tipo, un ejemplo del producto, que no se considera que es limitativo, de la primera fase (materiales de punto de ebullición ligeros) se caracteriza por un rendimiento de aproximadamente el 30% en volumen, una API de aproximadamente 19 y una reducción de varias veces en la viscosidad con respecto a la materia prima inicial. El producto de la fracción de punto de ebullición alto, producido tras el procesamiento de la fracción de recirculación en la segunda fase, se caracteriza normalmente por un rendimiento mayor del 75% en volumen y una gravedad API de aproximadamente 12, y una viscosidad reducida con respecto a la fracción recirculada de la materia prima. El análisis de DesSim para un producto líquido producido a partir de materia prima de betún se caracteriza por aproximadamente el 10,6% (% en peso) de la materia prima que se separó por destilación por debajo de 232°C (fracción de queroseno frente al 1,0% para la materia prima), aproximadamente el 19,7% desde 232° hasta 327°C (fracción de combustible diesel frente al 8,6% para la materia prima) y el 19,5% desprendido por encima de 538°C (fracción de aceite residual a vacío frente al 51,2% para materia prima; véase el ejemplo 2 para un análisis completo).
35
40
45

Las condiciones alternativas de un procedimiento de dos fases pueden incluir una primera fase ejecutada en la que la materia prima se precalienta hasta 150°C y se inyecta en el reactor y se procesa a de 530° a 620°C, y con un tiempo de residencia inferior a un segundo dentro del reactor (véase la figura 2). El producto se recoge usando ciclones primario y secundario (100 y 180, respectivamente, figuras 2 y 4), y el producto restante se transfiere a un condensador (250) caliente. El sistema de condensación (figura 4) está diseñado para recuperar selectivamente los componentes de asfaleno pesado usando un condensador (250) caliente colocado antes del condensador (40) primario. Los asfalenos pesados se recogen y se devuelven al reactor (20) para su procesamiento adicional (es decir, la segunda fase). La segunda fase utiliza condiciones de reactor que funcionan a temperaturas superiores, o tiempos de residencia más largos, o a temperaturas superiores y tiempos de residencia más largos (por ejemplo inyección en un punto inferior en el reactor), que los usados en la primera fase para optimizar el producto líquido. Además, una parte de la corriente de producto puede recircularse hasta su extinción siguiendo este método.
50
55

Aún otra modificación de los sistemas de procesamiento compuestos y de dos fases, denominado procesamiento de "múltiples fases", comprende introducir la materia prima primaria (alimentación sin procesar) en el condensador primario (véase la figura 5) mediante la tubería 280, y usar la materia prima primaria para enfriar rápidamente los

vapores del producto dentro del condensador primario. El producto extraído del condensador primario se recircula entonces al reactor mediante la tubería 270 para el procesamiento de “primera fase” y “segunda fase” combinado (es decir, procesamiento recirculado). La materia prima recirculada se expone a condiciones que craquean suavemente los componentes de hidrocarburos con el fin de evitar el sobrecraqueo y la producción de coque y gas en exceso. Un ejemplo de estas condiciones incluye, pero no se limita a, inyectar la materia prima a aproximadamente 150°C en una corriente de gas caliente que comprende el portador de calor en la entrada del reactor. La materia prima se procesa con un tiempo de residencia de menos de aproximadamente dos segundos dentro del reactor a una temperatura de entre 500°C y 600°C. Preferiblemente, el tiempo de residencia es de desde 0,8 hasta 1,3 s, y la temperatura del reactor es de desde 520°C hasta 580°C. El producto, que comprende materiales más ligeros (materiales de punto de ebullición bajo) se separa (100 y 180, figura 5) y se retira en el sistema (40) de condensación. Los materiales (240) más pesados, separados en el fondo del condensador (40) se recogen y se reintroducen en el reactor (20) mediante la tubería 270. Los gases de producto que salen del condensador (40) primario entran en el condensador (50) secundario en el que se recoge un producto líquido de viscosidad reducida y alto rendimiento (300) (véase el ejemplo % para ejecutar el análisis usando este método). Con el procesamiento de múltiples fases, la materia prima se recircula a través del reactor con el fin de producir un producto que puede recogerse del segundo condensador, mejorando y optimizando de ese modo las propiedades del producto líquido.

También pueden usarse sistemas de alimentación alternativos según se requiera para procesamiento de una, dos o múltiples fases o compuesto. Por ejemplo, en el sistema explicado resumidamente en la figura 5, la materia prima (materia prima primaria o alimentación sin procesar) se obtiene del sistema (10) de alimentación, y se transporta dentro de la tubería (280; que puede calentarse tal como se describió anteriormente) hasta un condensador (40) primario. El producto primario obtenido del condensador primario también puede recircularse de nuevo al reactor (20) dentro de una tubería (270) de recirculación de producto primario. La tubería de recirculación de producto primario puede calentarse si se requiere, y también puede comprender una unidad (290) de precalentador tal como se muestra en la figura 5, para recalentar la materia prima recirculada hasta la temperatura deseada para su introducción dentro del reactor (20).

Siguiendo el procedimiento de recirculación tal como se explicó de manera resumida anteriormente y se representa gráficamente en la figura 5, puede producirse un producto con rendimientos de más de 60, y preferiblemente por encima del 75% (% en peso), y con las siguientes características, que no debe considerarse que son limitativas de ninguna manera, a partir de materias primas de o bien betún o bien aceite pesado: una API de desde 14 hasta 19; una viscosidad de desde 20 a 100 (cSt a 40°C); y un bajo contenido en metales (véase el ejemplo 5).

El producto líquido obtenido a partir del procesamiento de múltiples fases de betún puede caracterizarse por tener al menos una de las siguientes propiedades:

- tener menos del 50% de sus componentes que se desprenden a temperaturas por encima de 538°C (fracción de aceite residual de vacío);
- comprender desde el 60% hasta el 95% del producto que se desprende por debajo de 338°. Preferiblemente, desde el 60% hasta el 85% se desprende durante la destilación simulada por debajo de 538°C (es decir, antes de la fracción de aceite residual de vacío);
- tener desde el 1,0% hasta el 8% del producto líquido que se desprende por debajo de 193°C. Preferiblemente, desde el 1,5% hasta el 7% se desprende por debajo de 193°C (es decir, antes de la fracción de nafta/queroseno);
- tener desde el 2% hasta el 6% del producto líquido que se desprende entre 193-232°C. Preferiblemente, desde el 2,5% hasta el 5% se desprende entre 193-232°C (fracción de combustible diesel);
- tener desde el 12% hasta el 25% del producto líquido que se desprende entre 232-327°C. Preferiblemente, desde el 15 hasta el 20% se desprende entre 232-327°C (fracción de combustible diesel);
- tener desde el 5% hasta el 12% del producto líquido que se desprende entre 327-360°C. Preferiblemente, desde el 6,0 hasta el 10,0% se desprende entre 327-360°C (fracción de VGO ligera);
- tener desde el 40% hasta el 60% del producto líquido que se desprende entre 360-538°C. Preferiblemente, desde el 35 hasta el 50% se desprende entre 360-538°C (fracción de VGO pesada).

Colectivamente, estos resultados muestran que una proporción sustancial de los componentes con baja volatilidad en cualquiera de las materias primas se ha convertido en componentes de volatilidad superior (nafta ligera, queroseno y combustible diesel) en el producto líquido. Estos resultados demuestran que el producto líquido se mejora sustancialmente, y presenta propiedades adecuadas para el transporte.

La presente invención se ilustrará adicionalmente en los siguientes ejemplos. Sin embargo, debe entenderse que

estos ejemplos son para fines ilustrativos sólo, y no deben usarse para limitar el alcance de la presente invención de ninguna manera.

Ejemplo 1: Aceite pesado (una única fase)

Los ejemplos que se refieren a aceite pesado no son según la invención.

- 5 Se llevó a cabo el procesamiento pirolítico de aceite pesado de Saskatchewan y betún de Athabasca (véase la tabla 1) a lo largo de un intervalo de temperaturas usando un reactor de pirólisis descrito en el documento US 5.792.340.

Tabla 1: Características de materias primas de aceite pesado y betún

Compuesto	Aceite pesado ¹⁾	Betún ²⁾
Carbono (% en peso)	84,27	83,31
Hidrógeno (% en peso)	10,51	10,31
Nitrógeno (% en peso)	<0,5	<0,5
Azufre (% en peso)	3,6	4,8
Ceniza (% en peso)	0,02	0,02
Vanadio (ppm)	127	204
Níquel (ppm)	nd	82
Contenido en agua (% en peso)	0,8	0,19
Gravedad API ^o	11,0	8,6
Viscosidad a 40°C (cSt)	6343	30380
Viscosidad a 60°C (cSt)	892,8	1268,0
Viscosidad a 80°C (cSt)	243,4	593,0
Aromaticidad (C13 RMN)	0,31	0,35

1) Aceite pesado de Saskatchewan

2) Betún de Athabasca (puro)

- 10 En resumen, las condiciones de procesamiento incluyen una temperatura del reactor de desde 500^o hasta 620°C. Razones de carga para portador de calor particulado (arena de sílice) con respecto a materia prima de desde 20:1 hasta 30:1 y tiempos de residencia de desde 0,35 hasta 0,7 s. Estas condiciones se explican resumidamente en más detalle a continuación (tabla 2).

ES 2 429 508 T3

Tabla 2: Procesamiento de una única fase de aceite pesado de Saskatchewan

Temp. de craqueo, °C	Viscosidad a 40°C (cSt)	Rendimiento, % en peso	Densidad a 15° g/ml	API°	Rendimiento, % en volumen
620	4,6 ¹⁾	71,5	0,977	13,3	72,7
592	15,2 ¹⁾	74,5	0,970	14,4	76,2
590	20,2	70,8	0,975	13,6	72,1
590	31,6	75,8	0,977	13,3	77,1
560	10,0 ¹⁾	79,9 ²⁾	0,963	15,4	82,3 ²⁾
560	10,0 ¹⁾	83,0 ³⁾	0,963	16,2 ³⁾	86,3 ³⁾
550	20,8	78,5	0,973	14,0	80,3
550 ⁴⁾	15,7	59,8 ²⁾	0,956	16,5	61,5 ²⁾
550 ⁴⁾	15,7	62,0 ³⁾	0,956	18,3 ^{2,3)}	65,1 ³⁾
530	32,2	80,9 ²⁾	0,962	15,7	82,8 ²⁾
530	32,2	83,8 ³⁾	0,962	16,6 ³⁾	87,1 ³⁾

1) Viscosidad a 80°C

2) Los rendimientos no incluyen condensación de sobrecarga

3) Rendimientos y API estimados con condensación de sobrecarga

4) No todos los líquidos se capturaron en este ensayo.

5 Se analizaron los productos líquidos de las ejecuciones a 620°C, 592°C y 560°C para determinar el contenido en metales, agua y azufre. Estos resultados se muestran en la tabla 3. Se redujeron los niveles de níquel, vanadio y agua en un 72, 69 y 87%, respectivamente, mientras que el azufre y el nitrógeno permanecieron igual o se redujeron marginalmente. No se concentraron metales en el producto líquido.

Tabla 3: Análisis de metales de productos líquidos (ppm)¹⁾

Componente	Aceite pesado de Saskatchewan	de Ejecución 620°C	a Ejecución 592°C	a Ejecución 560°C	a
Aluminio	<1	<1	11	<1	
Hierro	<1	2	4	<1	
Níquel	44	10	12	9	
Zinc	2	<1	2	1	
Calcio	4	2	3	1	
Magnesio	3	1	2	<1	

ES 2 429 508 T3

(continuación)

Componente	Aceite pesado de Saskatchewan	Ejecución a 620°C	Ejecución a 592°C	Ejecución a 560°C
Boro	21	42	27	<1
Sodio	6	5	5	4
Silicio	1	10	140	4
Vanadio	127	39	43	39
Potasio	7	7	<1	4
Agua (% en peso)	0,78	0,19	0,06	0,10
Azufre (% en peso)	3,6	3,5	3,9	3,5

1) Cobre, estaño, cromo, plomo, cadmio, titanio, molibdeno, bario y manganeso mostraron todos menos de 1 ppm en materia prima y productos líquidos.

Se presentan los rendimientos de gas para dos ejecuciones en la tabla 4.

5

Tabla 4: Análisis de gases de ejecuciones de pirólisis

Gas (% en peso)	Ejecución a 620°C	Ejecución a 560°C
Rendimiento de gas total	11,8	7,2
Etileno	27,0	16,6
Etano	8,2	16,4
Propileno	30,0	15,4
Metano	24,0	21,0

El punto de fluidez de la materia prima mejoró y se redujo desde 32°F hasta aproximadamente -54°F. El carbono de Conradson se redujo desde el 12% en peso hasta aproximadamente el 6,6% en peso.

10

Basándose en el análisis de estas ejecuciones, se obtuvieron rendimientos de producto y valores de API superiores para temperaturas de craqueo de 530 a 560°C. A estas temperaturas, se obtuvieron gravedades API de 14 a 18,3, rendimientos de producto de desde el 80 hasta el 87% en volumen y viscosidades de desde 15 a 35 cSt a 40°C) o de aproximadamente 10 cST (a 80°C) (los rendimientos de la ejecución a 550°C no se incluyen en este intervalo ya que el rendimiento de captura de líquido no se optimizó durante esta ejecución). Estos productos líquidos reflejan un grado significativo de mejora, y presentan calidades adecuadas para su transporte por oleoductos.

15

Se presenta en la tabla 5 el análisis de destilación simulada (DesSim) de materia prima y producto líquido obtenidos a partir de varias ejecuciones separadas 5. El análisis de DesSim siguió el protocolo explicado resumidamente en la norma ASTM D 5307-97, que notifica el residuo como cualquiera con un punto de ebullición superior a 538°C. También pueden usarse otros métodos para DesSim, por ejemplo HT 750 (NCUT; que incluye la distribución del punto de ebullición hasta 750°C). Estos resultados indican que más del 50% de los componentes dentro de la materia prima se desprenden a temperaturas por encima de 538°C. Estos son componentes de alto peso molecular con baja volatilidad. A la inversa, en el producto líquido, la mayoría de los componentes, aproximadamente el 62,1% del producto son más volátiles y se desprenden por debajo de 538°C.

20

Tabla 5: Análisis de DesSim de materia prima y producto líquido tras procesamiento de una única fase (temperatura del reactor de 538°C)

Fracción	Temp. (°C)	Materia prima	R245
Nafta ligera	<71	0,0	0,5
Nafta ligera/media	71-100	0,0	0,3
Nafta media	100-166	0,0	1,4
Nafta/Queroseno	166-193	0,1	1,0
Queroseno	193-232	1,0	2,8
Combustible diesel	232-327	8,7	14,2
VGO ligero	327-360	5,2	6,5
VGO pesado	360-538	33,5	35,2
Aceite residual de vacío	> 538	51,5	37,9

5 La materia prima puede caracterizarse adicionalmente desprendiéndose aproximadamente el 0,1% de sus componentes por debajo de 193°C (fracción de nafta/queroseno), frente a aproximadamente el 6% para el producto líquido. La fracción de combustible diesel también demuestra diferencias significativas entre la materia prima y el producto líquido desprendiendo el 8,7% y el 14,2% a este intervalo de temperatura (232-327°C), respectivamente. Conjuntamente, estos resultados muestran que una proporción sustancial de los componentes con baja volatilidad en la materia prima se han convertido en componentes de volatilidad superior (nafta ligera, queroseno y combustible diesel) en el producto líquido.

También se determinó la estabilidad del producto líquido a lo largo de un periodo de 30 días (tabla 6). No se observó ningún cambio significativo en la viscosidad, API o densidad del producto líquido en un periodo de 30 días.

Tabla 6: Estabilidad de productos líquidos tras procesamiento de una única fase

Fracción	Tiempo=0	7 días	14 días	30 días
Densidad a 15,6°C (g/cm ³)	0,9592	0,9590	0,9597	0,9597
API (grad. API)	15,9	15,9	15,8	15,8
Viscosidad a 40°C (cSt)	79,7	81,2	81,2	83,2

15 **Ejemplo 2 Betún (una única fase)**

Se realizaron varias ejecuciones usando betún de Athabaska usando el reactor de pirólisis descrito en el documento US 5.792.340. Las condiciones de procesamiento incluían una temperatura del reactor de desde 520°C hasta 590°C. Razones de carga para portador de calor particulado con respecto a materia prima de desde 20:1 hasta 30:1 y tiempos de residencia de desde 0,35 hasta 1,2 s. Estas condiciones, y los productos líquidos resultantes se explican resumidamente en más detalle a continuación (tabla 7).

ES 2 429 508 T3

Tabla 7: Procesamiento de una única fase con betún de Athabasca no diluido

Temp. de craqueo	Viscosidad a 40°C (cSt)	Rendimiento, % en peso	Densidad a 15°C	Metales V (ppm)*	Metales Ni (ppm)**	API
519°C	205	81,0	nd	nd	nd	13,0
525°C	201	74,4	0,979	88	24	12,9
528°C	278	82,7	nd	nd	nd	12,6
545°C	151	77,4	0,987	74	27	11,8
590°C	25,6	74,6	0,983	nd	nd	12,4

* V en materia prima 209 ppm

** Ni en materia prima 86 ppm

5 Estos resultados indican que puede procesarse betún no diluido según el método de esta invención para producir un producto líquido con viscosidad reducida desde más de 1300 cSt (a 40°C) hasta 25,6 - 200 cSt (a 40°C (dependiendo de las condiciones de ejecución; véanse también las tablas 8 y 9), con rendimientos de más del 75% al 85%, y una mejora en la API del producto de desde 8,6 hasta aproximadamente 12 - 13. De nuevo, como para el ejemplo 1, el producto líquido presenta una mejora sustancial de la materia prima. El análisis de DesSim, y otras propiedades del producto líquido se presentan en la tabla 8, y estudios de estabilidad en la tabla 9.

10 Tabla 8: Propiedades y análisis de DesSim de materia prima y producto líquido tras procesamiento de una única fase (temperatura del reactor de 545°C)

Fracción	Temp (°C)	Materia prima		
		R239		
			14 días	30 días
Densidad a 15,5°C	-		0,9871	0,9876
API	-		11,7	11,6
Viscosidad a 40°C -	-		162,3	169,4
Nafta ligera	<71	0,0	0,2	0,1
Nafta ligera/media	71-100	0,0	0,2	0,2
Nafta media	100-166	0,0	1,5	1,4
Nafta/queroseno	166-193	0,1	1,0	1,0
Queroseno	193-232	0,9	3,1	3,0
Combustible diesel	232-327	8,6	15,8	14,8
Light VGO	327-360	5,2	7,9	7,6
VGO pesado	360-538	34,0	43,9	42,0
Aceite residual de vacío.	>538	51,2	26,4	29,9

Tabla 9: Estabilidad de productos líquidos tras procesamiento de una única fase (temperatura del reactor de 525°C)

Fracción	Temp. (°C)	Materia prima	R232			
			día 0	7 días	14 días	30 días
Densidad a 15,6°C*	-	1,0095	0,979	0,980	0,981	0,981
API	-	8,5	12,9	12,7	12,6	12,6
Viscosidad a 40°C**	-	30380	201,1	213,9	214,0	218,5
Nafta ligera	<71	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1
Nafta ligera/media	71-100	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1
Nafta media	100-166	0,0	1,5	1,5	1,5	1,4
Nafta/queroseno	166-193	0,1	1,0	1,0	1,0	1,1
Queroseno	193-232	1,0	2,6	2,6	2,6	2,7
Combustible diesel	232-327	8,7	14,1	14,1	14,3	14,3
Light VGO	327-360	5,2	7,3	7,3	7,4	7,4
VGO pesado	360-538	33,5	41,3	41,3	41,7	42,1
Aceite residual de vacío.	>538	51,5	32,0	32,0	31,2	30,8

*g/cm³

**cSt

5 Las ligeras variaciones en los valores presentados en los estudios de estabilidad (tabla 9 y otros estudios de estabilidad dados a conocer en el presente documento) están dentro del error de los métodos de prueba empleados, y son aceptables dentro de la técnica. Estos resultados demuestran que los productos líquidos son estables.

10 Estos resultados indican que más del 50% de los componentes dentro de la materia prima se desprenden a temperaturas por encima de 538°C (fracción de aceite residual de vacío). Esta fracción se caracteriza por componentes de alto peso molecular con baja volatilidad. A la inversa, a lo largo de varias ejecuciones, el producto líquido se caracteriza porque comprende de aproximadamente el 68 al 74% del producto que es más volátil y se desprende por debajo de 538°C. La materia prima puede caracterizarse adicionalmente por aproximadamente el 0,1% de sus componentes que se desprenden por debajo de 193°C (fracción de nafta/queroseno), frente a de aproximadamente el 2,7 al 2,9% para el producto líquido. La fracción de combustible diesel también demuestra diferencias significativas entre la materia prima y el producto líquido desprendiéndose el 8,7% (materia prima) y del 14,1 al 15,8% (producto líquido) a este intervalo de temperatura (232-327°C). Conjuntamente, estos resultados

15 muestran que una proporción sustancial de los componentes con baja volatilidad en la materia prima se han convertido en componentes de volatilidad superior (nafta ligera, queroseno y combustible diesel) en el producto líquido. Estos resultados demuestran que el producto líquido está sustancialmente mejorado, y presenta propiedades adecuadas para el transporte.

Ejemplo 3: Tratamiento compuesto/recirculación de materia prima

20 El reactor de pirólisis descrito en el documento US 5.792.340 puede configurarse de modo que los condensadores de recuperación dirijan los productos líquidos al interior de la tubería de alimentación hasta el reactor (véanse las figuras 3 y 4).

Las condiciones de procesamiento incluían una temperatura del reactor que oscilaba entre 530°C y 590°C. Se usaron razones de carga para portador de calor particulado con respecto a materia prima para la ejecución inicial y

de recirculación de aproximadamente 30:1, y tiempos de residencia de desde 0,35 hasta 0,7 s. Estas condiciones se explican resumidamente en más detalle a continuación (tabla 10). Tras la pirólisis de la materia prima, se retiró la fracción más ligera y se recogió usando un condensador caliente colocado antes del condensador primario (véase la figura 4), mientras que la fracción más pesada del producto líquido se recirculó de nuevo al reactor para su procesamiento adicional (véase también la figura 3). En esta disposición, se mezcló la corriente (260) de recirculación que comprendía fracciones pesadas con nueva materia prima (270) dando como resultado una materia prima (240) compuesta que se procesó entonces usando las mismas condiciones que con la ejecución inicial dentro del reactor de pirólisis.

Tabla 10: Operación de recirculación/compuesta usando petróleo crudo pesado de Saskatchewan y betún de Athabasca no diluido

Materia prima	Temp. de craqueo °C	Rendimiento, % en volumen	API ^o	Rendimiento de recirculación ⁴ , % en volumen	API ^o de recirculación ⁴
Aceite pesado	590	77,1 ¹⁾	13,3	68,6	17,1
	560	86,3 ²⁾	16,2	78,1	21,1
	550	50,1 ¹⁾	14,0	71,6	17,8
	550	65,1 ^{2,3)}	18,3	56,4	22,9
	530	87,1 ²⁾	16,6	78,9	21,0
Betún	590	75,2 ²⁾	12,4	67,0	16,0

1) El rendimiento y la gravedad API incluyen condensación de sobrecarga (real)

2) El rendimiento y la gravedad API incluyen condensación de sobrecarga (estimada)

3) No todo el líquido se recuperó en esta ejecución

4) Estos valores representan la recuperación total de producto tras la ejecución de recirculación, y supone la retirada de aproximadamente el 10% de la fracción pesada que se recircula hasta su extinción. Esto es por tanto una estimación conservadora del rendimiento ya que algo de la fracción pesada producirá componentes más ligeros que los que entran en la corriente de producto, puesto que no toda la fracción pesada acabará como coque

La gravedad API aumentó desde 11,0 en la materia prima de aceite pesado hasta de 13 a 18,5 tras el primer ciclo de tratamiento, y aumenta adicionalmente hasta de 17 a 23 tras un segundo tratamiento de recirculación. Se observa una disminución similar en la API para betún que tiene una API de aproximadamente 8,6 en la materia prima, que aumenta hasta aproximadamente 12,4 tras la primera ejecución y hasta 16 tras la ejecución de recirculación. Con el aumento en API, hay un aumento asociado en el rendimiento de desde 77 hasta el 87% tras la primera ejecución, hasta del 67 al 79% tras la ejecución de recirculación. Por tanto, asociado con la producción de un producto más ligero, hay un aumento en el rendimiento de líquido. Sin embargo, puede desearse un producto más ligero mejorado para el transporte, y la recirculación de producto líquido logra un producto de este tipo.

Ejemplo 4: Tratamiento de dos fases de aceite pesado

También puede procesarse materia prima de aceite pesado o betún usando un procedimiento pirolítico de dos fases que comprende una primera fase en la que la materia prima se expone a condiciones que craquean suavemente los componentes de hidrocarburos con el fin de evitar el sobre craqueo y la producción de coque y gas en exceso. Se separan materiales más ligeros tras el procesamiento en la primera fase, y los materiales más pesados restantes se someten a un craqueo más fuerte a una temperatura superior. Las condiciones de procesamiento dentro de la primera fase incluyen una temperatura del reactor que oscila entre 510 y 530°C (datos para 515°C facilitados a continuación), mientras que en la segunda fase se empleó una temperatura de desde 590° hasta 800°C (datos para 590°C presentados en la tabla 11). La razón de cargas para portador de calor particulado con respecto a materia prima oscilan entre aproximadamente 30:1, y los tiempos de residencia entre 0,35 y 0,7 s para ambas fases. Estas condiciones se explican resumidamente en más detalle a continuación (Tabla 11).

Tabla 11: Ejecuciones de dos fases de aceite pesado de Saskatchewan

Temp. de craqueo °C	Viscosidad a 80°C (cSt)	Rendimiento, % en peso	Densidad a 15°C, g/ml	API ^o	Rendimiento, % en volumen ¹⁾
515	5,3	29,8	0,943	18,6	31,4
590	52,6	78,9	0,990	11,4	78,1
515 y 590	nd	nd	nd	13,9	86,6

“nd” significa no determinado

1) No se capturaron materiales condensables ligeros. Por tanto, estos valores son estimaciones conservativas.

Estos resultados indican que un craqueo inicial suave que evita el sobrecraqueo de materiales ligeros en gas y coque, seguido por un craqueo más fuerte de los materiales más pesados produce un producto líquido caracterizado por una API aumentada, mientras que todavía presenta buenos rendimientos de producto.

Otras ejecuciones usando un procedimiento de dos fases implicaron inyectar la materia prima a aproximadamente 150°C en una corriente de gas caliente mantenida a aproximadamente 515°C e introducirla en el reactor a aproximadamente 300°C (temperatura de procesamiento). El producto, que comprende materiales más ligeros (materiales de punto de ebullición bajo) se separó y se retiró tras la primera fase en el sistema de condensación. Los materiales más pesados, separados en el fondo del ciclón, se recogieron y se sometieron a un craqueo más fuerte dentro del reactor con el fin de producir un producto líquido de viscosidad reducida y alto rendimiento. Las condiciones utilizadas en la segunda fase fueron una temperatura de procesamiento de entre 530° y 590°C. Se procesó y se recogió el producto de la segunda fase.

Tras un procedimiento de dos fases de este tipo, el producto de la primera fase (materiales de punto de ebullición ligeros) se caracteriza por un rendimiento de aproximadamente el 30% en volumen, una API de aproximadamente 19 y una reducción de varias veces en la viscosidad con respecto a la materia prima inicial. El producto de la fracción de punto de ebullición alto, producido tras el procesamiento de la fracción de recirculación en la segunda fase, se caracteriza normalmente por un rendimiento mayor de aproximadamente el 75% en volumen, y una gravedad API de aproximadamente 12, y una viscosidad reducida con respecto a la fracción recirculada de materia prima.

Ejemplo 5: Tratamiento de “múltiples fases” aceite pesado y betún, usando materia prima para la extinción dentro del condensador primario.

También puede procesarse materia prima de aceite pesado o betún usando un procedimiento pirolítico de “múltiples fases” tal como se explica resumidamente en la figura 5. En este sistema, el reactor de pirólisis descrito en el documento US 5.792.340 se configura de modo que el condensador de recuperación primario dirige el producto líquido a la tubería de alimentación de nuevo hasta el reactor, y se introduce materia prima en el sistema en el condensador primario en el que extingue los vapores de producto producidos durante la pirólisis.

Las condiciones de procesamiento incluían una temperatura del reactor que oscilaba entre 530°C y 590°C. Se usaron razones de carga para el portador de calor particulado con respecto a materia prima para la ejecución inicial y de recirculación de desde aproximadamente 20:1 hasta aproximadamente 30:1, y tiempos de residencia de desde 0,35 hasta 1,2 s. Estas condiciones se explican resumidamente en más detalle a continuación (tabla 12). Tras la pirólisis de la materia prima, la fracción más ligera se hace avanzar hasta el condensador secundario mientras que la fracción más pesada del producto líquido obtenido a partir del condensador primario se recircula de nuevo al reactor para su procesamiento adicional (figura 5).

ES 2 429 508 T3

Tabla 12: Caracterización del producto líquido obtenido tras el procesamiento de múltiples fases de betún y aceite pesado de Saskatchewan

Temp. de craqueo °C	Viscosidad a 40°C (cSt)	Rendimiento, % en peso	Densidad a 15,6°C, g/ml	API ^o	Rendimiento, % en volumen ¹⁾
Aceite pesado					
543	80	62,6	0,9592	15,9	64,9
557	24	58,9	0,9446	18,2	62,1
561	53	70,9	0,9568	16,8	74,0
Betún					
538	40	61,4	0,9718	14,0	71,1

5 Los productos líquidos producidos a partir del procesamiento de múltiples fases de materia prima presentan propiedades adecuadas para su transporte con viscosidad enormemente reducida desde 6343 cSt (a 40°C) para aceite pesado y 30380 cSt (a 40°C) para betún. De manera similar, la API aumentó desde 11 (aceite pesado) hasta desde 15,9 hasta 18,2, y desde 8,6 (betún) hasta 14,7. Además, los rendimientos para aceite pesado en estas condiciones de reacción son de desde el 59 hasta el 68% para aceite pesado, y del 82% para betún.

10 Tabla 13: Propiedades y DesSim de productos líquidos preparados a partir de aceite pesado usando el procedimiento de múltiples fases (para las propiedades de las materias primas véanse las tablas 1 y 5)

Fracción	Temp. (°C)	R241*		R242**	R244***
		Día 0	Día 30	Día 30	
Densidad a 15,6°C -		0,9592	0,9597	0,9465	0,9591
API		15,9	15,8	17,8	15,9
Viscosidad a 40°C		79,7	83,2	25,0	49,1
Nafta ligera	<71	0,0	0,2	0,3	0,3
Nafta ligera/media	71-100	0,0	0,1	0,2	0,3
Nafta media	100-166	0,1	0,4	2,5	1,8
Nafta/queroseno	166-193	0,6	0,6	1,8	1,5
Queroseno	193-232	2,8	2,5	5,0	3,5
Diesel	232-327	21,8	21,0	23,1	18,9
Light VGO	327-360	10,8	10,2	9,9	8,8
VGO pesado	360-538	51,1	45,0	44,9	43,2

ES 2 429 508 T3

(continuación)

Fracción	Temp. (°C)	R241*		R242**	R244***
		Día 0	Día 30	Día 30	
Aceite residual de vacío.	>538	12,7	20,0	12,3	21,7

* temp. del reactor 543°C

** temp. del reactor 557°C

*** temp. del reactor 561°C

5 En estas condiciones de ejecución, la API aumentó desde 11 hasta de aproximadamente 15,9 a 17,8. Se lograron rendimientos de producto del 62,6 (% en peso; R241), el 58,9 (% en peso; R242) y 70,9 (% en peso; R244) junto con niveles de viscosidad enormemente reducidos. Estos productos líquidos se han mejorado sustancialmente con respecto a la materia prima y presentan propiedades adecuadas para su transporte por oleoductos.

10 Los resultados de DesSim indican que más del 50% de los componentes dentro de la materia prima se desprenden a temperaturas superiores (fracción de aceite residual de vacío), mientras que el producto líquido se caracteriza porque comprende de aproximadamente el 78 al 87% del producto que es más volátil y de desprende por debajo de 538°C. La materia prima puede caracterizarse además porque aproximadamente el 0,1% de sus componentes se desprenden por debajo de 193°C (fracción de nafta/queroseno), frente a de aproximadamente el 1,3 al 4,8% para el producto líquido. Las fracciones de queroseno y combustible diesel también demuestran diferencias significativas entre la materia prima y el producto líquido desprendiéndose el 1% de la fracción de materia prima fracción entre 15 193-232°C frente a del 2,8 al 5% para el producto líquido, y desprendiéndose el 8,7% (materia prima) y del 18,9 al 23,1% (producto líquido) a este intervalo de temperatura (232-327°C; combustible diesel). Conjuntamente, estos resultados muestran que una proporción sustancial de los componentes con baja volatilidad en la materia prima se han convertido en componentes de volatilidad superior (nafta ligera, queroseno y combustible diesel) en el producto líquido. Estos resultados demuestran que el producto líquido está sustancialmente mejorado, y presenta 20 propiedades adecuadas para el transporte.

Tabla 14: Propiedades y DesSim de productos líquidos preparados a partir de betún tras el procesamiento de “dos fases” (temp. del reactor de 538°C; para las propiedades de las materias primas véanse las tablas 1, 8 y 9).

Fracción	Temp. (°C)	R243
Densidad a 15,6°C	-	0,9737
API	-	13,7
Viscosidad a 40°C	-	45,4
Nafta ligera	<71	0,3
Nafta ligera/media	71-100	0,4
Nafta media	100-166	3,6
Nafta/queroseno	166-193	1,9
Queroseno	193-232	4,4
combustible diesel	232-327	19,7
VGO ligero	327-360	9,1

(continuación)

Fracción	Temp. (°C)	R243
VGO pesado	360-538	41,1
Aceite residual de vacío.	>538	19,5

5 En estas condiciones de ejecución, la API aumentó desde 8,6 hasta aproximadamente 14. Se obtuvo un rendimiento de producto del 68,4 (% en peso) junto con niveles de viscosidad enormemente reducidos (desde 30380 cSt a 40°C en la materia prima, hasta aproximadamente 45 cSt en el producto líquido).

10 El análisis de destilación simulada demostró que más del 50% de los componentes dentro de la materia prima se desprenden a temperaturas por encima de 538°C (fracción de aceite residual de vacío) mientras que el 80,5% del producto líquido se desprende por debajo de 538°C. La materia prima puede caracterizarse además por aproximadamente el 0,1% de sus componentes que se desprenden por debajo de 193°C (fracción de nafta/queroseno), frente al 6,2% para el producto líquido. La fracción de combustible diesel también demuestra diferencias significativas entre la materia prima y el producto líquido desprendiéndose el 8,7% (materia prima) y el 19,7% (producto líquido) a este intervalo de temperatura (232-327°C). Conjuntamente, estos resultados muestran que una proporción sustancial de los componentes con baja volatilidad en la materia prima se han convertido en componentes de volatilidad superior (nafta ligera, queroseno y combustible diesel) en el producto líquido. Estos resultados demuestran que el producto líquido está sustancialmente mejorado, y presenta propiedades adecuadas para el transporte.

15 La presente invención se ha descrito con respecto a realizaciones preferidas. Sin embargo, resultará obvio para los expertos en la técnica que pueden hacerse varias variaciones y modificaciones sin apartarse del alcance de la invención tal como se describe en el presente documento.

20

REIVINDICACIONES

1. Método de producción de un producto líquido mejorado a partir de betún para el transporte de dicho producto líquido mejorado mediante oleoducto hasta una ubicación remota para su refino, comprendiendo dicho método:
- i) proporcionar arena de sílice como portador de calor particulado al interior de un reactor de flujo ascendente;
 - 5 ii) introducir dicho betún en un estado precalentado en dicho reactor de flujo ascendente en al menos una ubicación por encima de la de dicho portador de calor particulado de modo que una razón de carga de dicho portador de calor particulado con respecto a dicho betún o aceite pesado es de desde 10:1 hasta 200:1; en el que dicho reactor de flujo ascendente se ejecuta a una temperatura de desde 480°C hasta 620°C;
 - 10 iii) permitir que dicho betún interactúe con dicho portador de calor con un tiempo de residencia de menos de aproximadamente 5 segundos, para producir una corriente de producto;
 - iv) separar dicha corriente de producto de dicho portador de calor particulado;
 - v) regenerar dicho portador de calor particulado; y
 - vi) recoger un producto gaseoso y dicho producto líquido mejorado a partir de dicha corriente de producto, en el que dicho producto líquido mejorado presenta una gravedad API aumentada, un punto de fluidez reducido, una viscosidad reducida y un nivel reducido de contaminantes con respecto a dicho betún.
 - 15
2. Método según la reivindicación 1, en el que en dicha etapa de introducción (etapa ii)), dicha razón de carga es de desde 20:1 hasta 30:1.
3. Método según la reivindicación 1, en el que dicho tiempo de residencia es de desde 0,5 hasta 2,0 segundos.
4. Método según la reivindicación 1, en el que, en dicha etapa de permisión (etapa iii)), dicha corriente de producto de una primera ejecución de pirólisis se separa en una fracción más ligera y una fracción más pesada, dicha fracción más ligera se recoge a partir de dicha corriente de producto, y dicha fracción más pesada se recircula de nuevo al interior de dicho reactor de flujo ascendente para su procesamiento adicional en una segunda ejecución de pirólisis para producir una segunda corriente de producto.
- 20
5. Método según la reivindicación 4, en el que dicho procesamiento adicional incluye mezclar dicha fracción más pesada con dicho portador de calor particulado, en el que dicho portador de calor particulado de dicha segunda ejecución de pirólisis está a una temperatura a aproximadamente, o por encima de, la usada en el procesamiento de dicha materia prima dentro de dicha primera ejecución de pirólisis.
- 25
6. Método según la reivindicación 5, en el que dicha fracción más pesada se añade a la materia prima no procesada antes de introducirse en dicho reactor de flujo ascendente para dicha segunda ejecución de pirólisis.
7. Método según la reivindicación 6, en el que en dicha primera ejecución de pirólisis, dicho betún se inyecta a una temperatura de 150°C al interior del reactor de flujo ascendente, la temperatura de dicho reactor de flujo ascendente es de menos de 500°C, y el tiempo de residencia es de menos de un segundo, y en dicha segunda ejecución de pirólisis la temperatura de dicho reactor de flujo ascendente es de desde 530°C hasta 590°C, y en el que dicho tiempo de residencia de dicha segunda ejecución de pirólisis es igual que, o más largo que, el tiempo de residencia de dicha primera ejecución de pirólisis.
- 30
- 35
8. Método según la reivindicación 4, en el que dicho portador de calor particulado se separa de dicha segunda corriente de producto, y se recoge un segundo producto a partir de dicha segunda corriente de producto.
9. Método según la reivindicación 4, en el que dicha corriente de producto de dicha primera ejecución de pirólisis se trata en un condensador caliente antes de la recuperación de dicha fracción ligera y dicha fracción pesada.
- 40
10. Método según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que dicho tiempo de residencia es inferior a 1 segundo, y en el que dicha materia prima se obtiene a partir del contacto directo entre dicha corriente de producto y un betún con un condensador.
11. Método según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, que comprende además la etapa de transportar el producto líquido mejorado mediante oleoducto a la ubicación remota para su refino sin la adición de diluyentes.
- 45

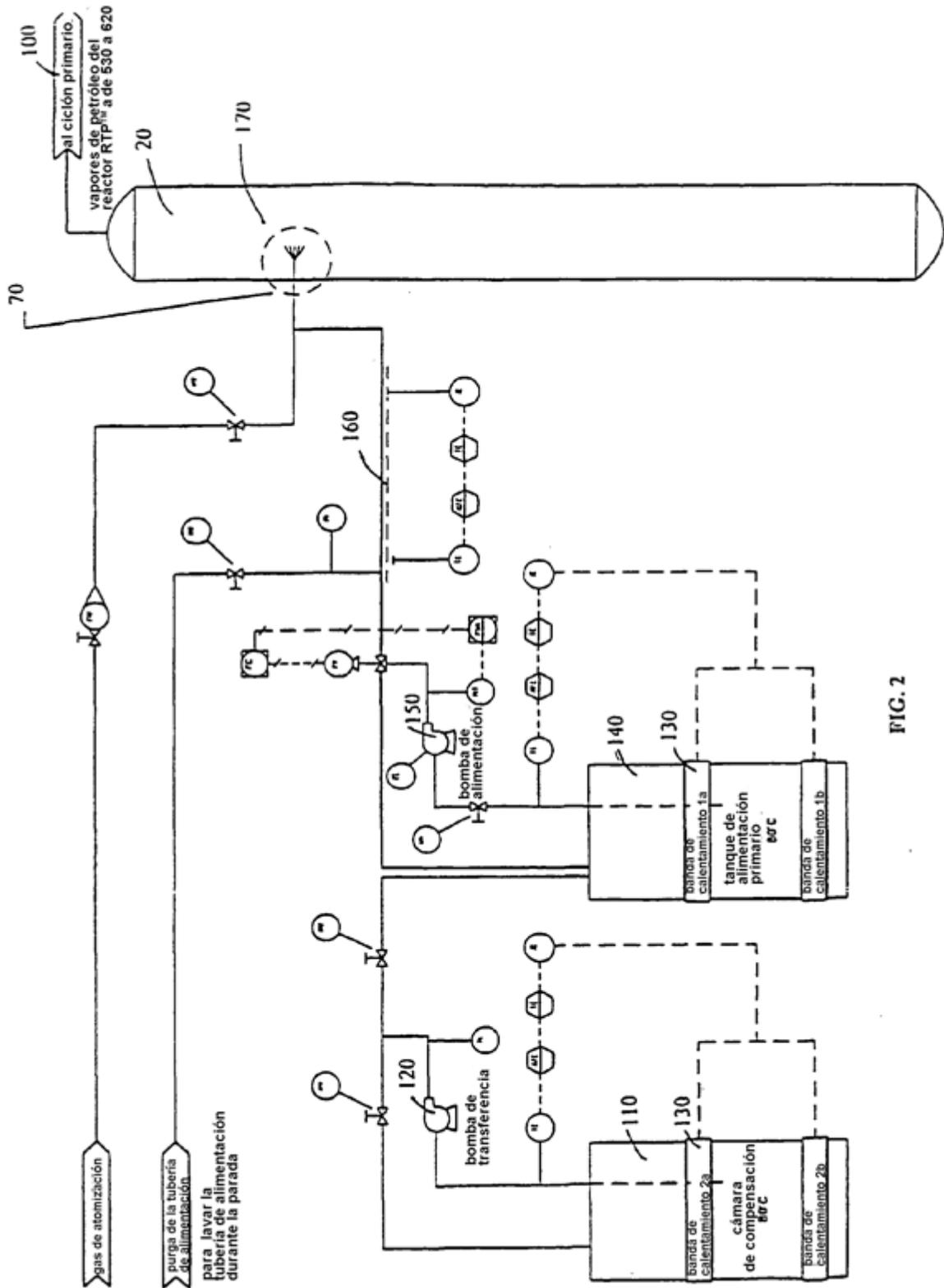


FIG. 2

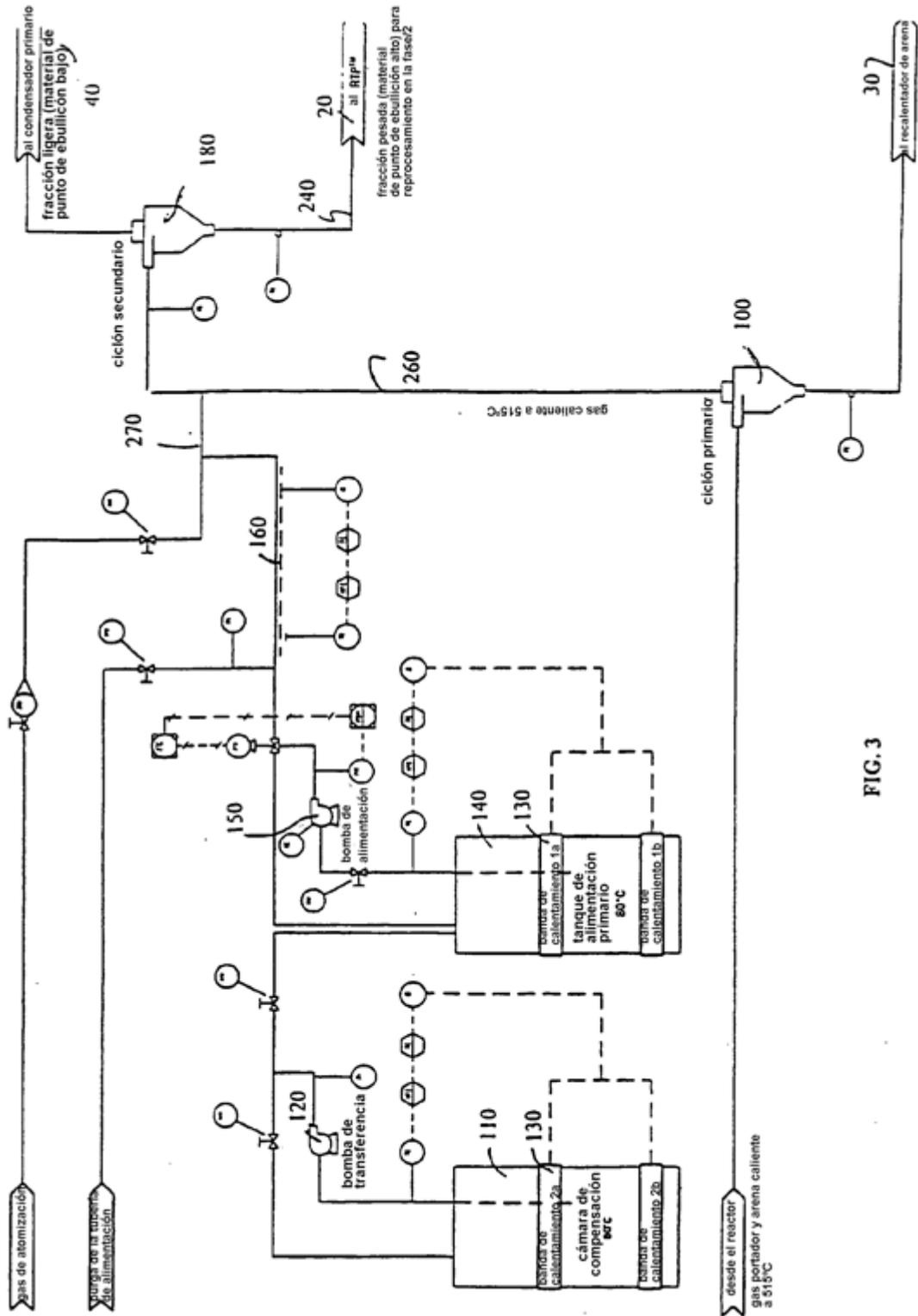


FIG. 3

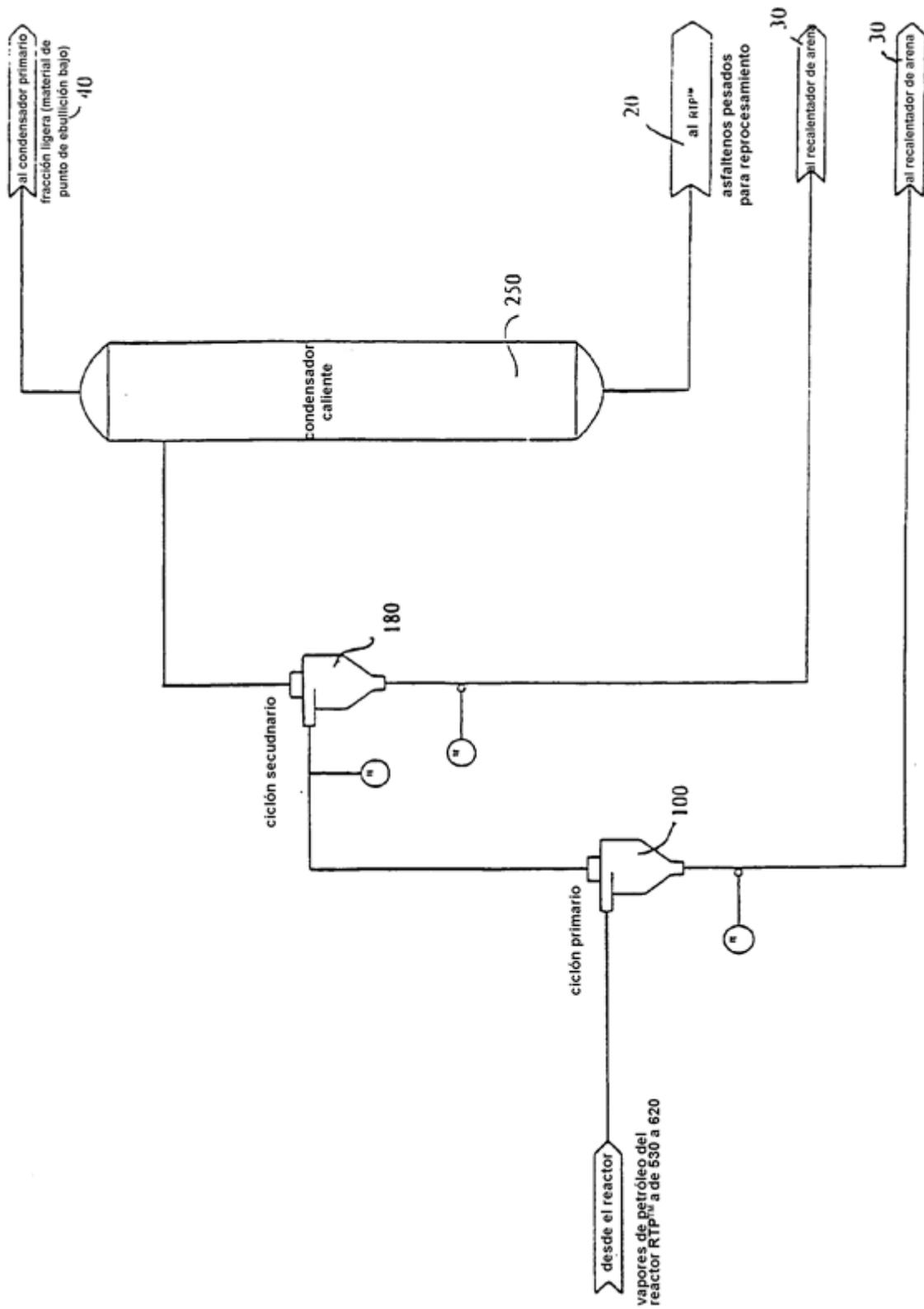


FIG. 4

