



No. 06-017138- -00004-0000

Fecha: 2011-07-25 16:22:23 Dep. 2020 DIR.NUEVASCR
Tra. 11 PATENTEIYII Eve: 378 FASENACIONALI
Act. 444 RESPUESTAREQUE Folios: 28

As. 100.489

Señor

**DIRECTOR DIVISIÓN DE NUEVAS CREACIONES
SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO**

E.

S.

D.

REF: Expediente No. **06 17138**— solicitud de patente de invención a favor de **MARK CULLEN**. Título **TRATAMIENTO DE FRACCIONES DE PETROLEO CRUDO, COMBUSTIBLES FOSILES Y SUS PRODUCTOS**.

RESPUESTA A EXAMEN DE FONDO

JUAN PABLO CADENA SARMIENTO, portador de la tarjeta profesional No. 57.492 del C.S.J., obrando como apoderado de la sociedad solicitante me permito dar respuesta al concepto técnico numero 1357 relacionado con la patentabilidad de la presente invención y notificado por fijación en lista el 28 de abril de 2011.

Con el ánimo de subsanar las objeciones planteadas por el señor Examinador, me permito presentar un nuevo pliego reivindicatorio de 1-15 reivindicaciones, en donde no se amplía en ningún momento la materia inicialmente divulgada y encuentra entero sustento en la descripción.

1. Claridad

Con el objeto de mejorar la comprensión de la presente invención, se han corregido todos los errores de redacción en el nuevo pliego reivindicatorio, como fue sugerido por el señor Examinador. Asimismo, se han revisado las dependencias y se han eliminado los términos imprecisos, como "aproximadamente".

Las reivindicaciones referentes a una emulsión, y que en opinión del señor Examinador carecían de sustento han sido eliminadas. Los números de serial de las solicitudes de patente de Estados Unidos han sido definidos correctamente en la descripción adjunta al presente memorial

Finalmente, se han introducido unidades del sistema internacional de unidades tanto en el nuevo pliego reivindicatorio como en la descripción, en aquellos lugares donde se hacía necesario.

2. Novedad

En primer lugar, la nueva reivindicación 1 incluye ahora elementos de las antiguas reivindicaciones 2 y 4. En vista de las modificaciones realizadas, consideramos que la presente invención es novedosa sobre D1, porque dicho documento no enseña un proceso como el que se revela en la reivindicación 1.

En particular, D1 no enseña la exposición de una fracción de petróleo crudo a una energía sónica, tal y como se expresa en el paso (a) de la nueva reivindicación 1 así como contactar dicha fracción del paso a) con gas hidrógeno. Por el contrario, D1 enseña en el resumen "oxidar por lo menos una porción del azufre en el material hidrocarburo que contiene azufre" y donde dicho material "se procesa además por intermedio de una etapa de reducción de azufre". Dicha etapa puede ser una etapa de tratamiento base (col 6, líneas 42-64), una etapa de tratamiento termal (columna 6, línea 65), o una etapa de tratamiento de hidrodesulfuración catalítica (col 7, líneas 21-30).

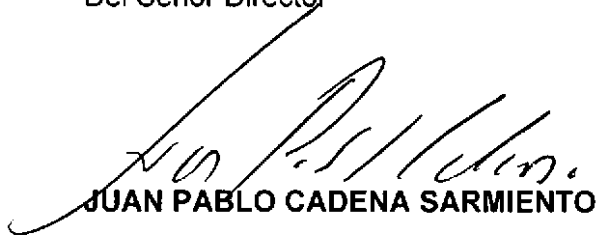
En consecuencia, D1 no enseña un proceso para remover azufre orgánico de una fracción de petróleo crudo que comprende exponer dicha fracción a una energía sónica ni tampoco contactar dicha fracción cruda con gas hidrógeno tal como se desprende de la nueva reivindicación 1. De acuerdo con lo anterior, el proceso reivindicado es novedoso en relación a D1.

3. Anexos

- 3.1. Nuevo pliego reivindicatorio.
- 3.2. Descripción corregida.

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

Del Señor Director


JUAN PABLO CADENA SARMIENTO

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

C.C. 80.410.337 de Usaquén

Calle 70 A No. 4 - 41

4

TÍTULO DE LA INVENCION

TRATAMIENTO DE FRACCIONES DE PETRÓLEO CRUDO, COMBUSTIBLES FÓSILES Y SUS PRODUCTOS

REFERENCIA CRUZADA A SOLICITUDES RELACIONADAS

La presente solicitud es una continuación en parte de la Solicitud de Patente de los Estados Unidos, pendiente, Serie Número 10/431,666 presentada el 8 de mayo de 2003 por Cullen, *y colaboradores*, titulada TRATAMIENTO DE FRACCIONES DE PETRÓLEO CRUDO, COMBUSTIBLES FÓSILES Y SUS PRODUCTOS CON ENERGÍA SÓNICA, la cual es una continuación en parte de la Solicitud de los Estados Unidos, pendiente, Serie Número 09/863,127, presentada el 22 de mayo de 2001 por Gunnerman *y colaboradores*, titulada UN TRATAMIENTO DE FRACCIONES DE PETRÓLEO CRUDO, COMBUSTIBLES FÓSILES Y SUS PRODUCTOS CON ULTRASONIDO, cuyas enseñanzas se incorporan aquí expresamente por referencia.

DECLARACIÓN REF.: INVESTIGACIÓN / DESARROLLO
PATROCINADO POR EL GOBIERNO FEDERAL

No se Aplica

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

1. Campo de la Invención

Esta invención se ubica en el campo de los procesos químicos para el tratamiento de fracciones de petróleo crudo y los diferentes tipos de productos derivados y obtenidos de estas fuentes. En particular, esta invención aborda procesos de reformación como reacciones de abertura de anillo y la saturación de enlaces dobles, para mejorar el grado de calidad de los combustibles fósiles y convertir productos orgánicos en formas que mejoren su rendimiento y amplíen su utilidad.

Esta invención reside además en la eliminación de compuestos con contenido de azufre, compuestos con contenido de nitrógeno y otros componentes indeseados del petróleo y combustibles a base de petróleo.

2. Descripción del Arte Previo

Los combustibles fósiles son la fuente de energía más grande y ampliamente usada en el mundo, que ofrece eficiencia elevada, rendimiento comprobado y precios relativamente bajos. Existen muchos tipos diferentes de combustibles fósiles, que van desde fracciones de petróleo hasta carbón, arenas alquitranosas, y aceite de esquistos bituminosos, con usos que varían desde usos de consumo tales como motores para vehículos motorizados y calefacción doméstica hasta usos comerciales tales como calderas, hornos, unidades de fundición y centrales energéticas.

Los combustibles fósiles y otras fracciones de petróleo crudo y productos derivados de fuentes naturales contienen una amplia gama de hidrocarburos que difieren ampliamente en peso molecular, puntos de ebullición y fusión, reactividad y facilidad de procesamiento. Muchos procesos industriales se han desarrollado para elevar la calidad de estos materiales eliminando, diluyendo, o convirtiendo los componentes más pesados o aquellos que tienden a polimerizarse o solidificarse de otra forma, particularmente las olefinas, aromáticos y compuestos de anillo fusionado tales como naftalenos, indanos e indenos, antracenos, y fenantracenos. Un medio común de efectuar la conversión de estos compuestos es la saturación mediante hidrogenación a través de enlaces dobles.

Para combustibles fósiles en particular, una creciente preocupación es la necesidad de eliminar compuestos de azufre. El azufre de los compuestos de azufre causa corrosión en la tubería, equipo de bombeo y refinación, el envenenamiento de los catalizadores usados en la refinación y combustión de combustibles fósiles, y la avería prematura de los motores de combustión.

El azufre envenena los convertidores catalíticos utilizados en camiones y buses propulsados por diesel para controlar las emisiones de óxidos de nitrógeno (NO_x). El azufre ocasiona además un aumento en las emisiones de particulados (hollín) de camiones y buses degradando las trampas de hollín empleadas en estos vehículos. La combustión de combustible con contenido de azufre produce dióxido de azufre que ingresa a la atmósfera como lluvia ácida, infligiendo daño a la agricultura y a la fauna silvestre, y causando riesgos a la salud humana.

La Ley de Aire Limpio de 1964 y sus diferentes enmiendas han impuesto normas sobre emisión de azufre que son difíciles y costosas de cumplir. Según la Ley, la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos ha establecido un límite superior de 15 partes por millón en peso (ppmw) al contenido de azufre del combustible diesel, efectivo a mediados de 2006. Ésta es una severa reducción de la norma de 500 ppm en peso en efecto en el año 2000. Para gasolina reformulada, la norma de 300 ppm en peso en el año 2000 se ha reducido a 30 ppm en peso, efectiva el 1 de enero de 2004. Cambios similares se han promulgado en la Unión Europea, la cual impondrá un límite de 50 ppm en peso de azufre tanto para gasolina y combustible diesel en el año 2005. El tratamiento de combustibles para obtener emisiones de azufre suficientemente bajas para satisfacer estos requerimientos es difícil y costoso, y el aumento en los precios de los combustibles que este hecho ocasiona tendrá una influencia trascendental en la economía mundial.

El método principal de desulfuración de combustibles sólidos en el arte previo es la hidrodeshulfuración, es decir, la reacción entre el combustible fósil y el gas de hidrógeno a temperatura y presión elevadas, en la presencia de un catalizador. Esto causa la reducción del azufre orgánico a sulfuro de hidrógeno (H_2S) gaseoso, el cual se oxida luego a azufre elemental por el proceso de Claus. No obstante, una considerable cantidad de H_2S permanece sin reaccionar, con sus riesgos concomitantes para la salud.

Una limitación adicional de la hidrodesulfuración es que no es igualmente efectiva en eliminar todos los compuestos que contienen azufre. Mercaptanos, tioéteres, y disulfuros, por ejemplo, se descomponen fácilmente y se eliminan por el proceso, mientras que los compuestos aromáticos de azufre, compuestos cíclicos de azufre, y compuestos multicíclicos condensados de azufre son menos sensibles al proceso. Tiofeno, benzotiofeno, dibenzotiofeno, otros tiofenos de anillo condensado, y versiones sustituidas de estos compuestos, que representan hasta 40% del contenido total de azufre de los petróleos crudos del Oriente Medio y 70% del contenido de azufre del petróleo crudo del occidente de Texas, son particularmente refractarios a la hidrodesulfuración.

A la luz de las deficiencias asociadas con la hidrodesulfuración, han surgido nuevos procesos, siendo el más notable la desulfuración oxidativa, que buscan efectuar la eliminación del azufre con mayor eficiencia. Esencialmente, tal proceso involucra oxidar especies de azufre que puedan estar presentes, típicamente mediante el uso de un agente oxidante, tal como un hidroperóxido o un perácido, para convertir así los compuestos de azufre en sulfonas. Para facilitar tal reacción oxidativa, puede aplicarse ultrasonido, de acuerdo a las enseñanzas de la Patente de los Estados Unidos Número 6,402,939 expedida a Yen y colaboradores, titulada DESULFURACIÓN OXIDATIVA DE COMBUSTIBLES FÓSILES CON ULTRASONIDO; y Patente de los Estados Unidos Número 6,500,219 expedida a Gunnerman, titulada PROCESO CONTINUO PARA DESULFURACIÓN OXIDATIVA DE COMBUSTIBLES SÓLIDOS CON ULTRASONIDO Y SUS PRODUCTOS, cuyas sendas enseñanzas se incorporan expresamente aquí por referencia.

Ventajosamente, la desulfuración oxidativa puede llevarse a cabo bajo temperaturas y presiones moderadas y además, típicamente, no requiere hidrógeno. Además es ventajoso el hecho de que la desulfuración oxidativa requiere mucho menos en términos de gastos de capital por implementar.

8

En este respecto, la desulfuración oxidativa puede emplearse selectivamente para tratar sólo una fracción única de petróleo refinado, tal como diesel, y puede integrarse fácilmente como un proceso en un proceso de acabado en refinerías existentes. Quizás más ventajoso es el hecho de que la desulfuración oxidativa puede eliminar sustancialmente todas las especies de azufre presentes en una cantidad dada de petróleo crudo, de modo que pueden alcanzarse niveles de azufre extremadamente bajos y, en particular, las normas más bajas que se establecen en varios requerimientos legislativos con respecto a niveles de contenido de azufre.

A pesar de tales ventajas, sin embargo, la desulfuración oxidativa es hoy en día poco efectiva para uso en operaciones de refinación a gran escala, en la medida en que las técnicas de desulfuración oxidativa empleadas actualmente sólo oxidan parcialmente las especies de azufre presentes en sulfóxidos, por oposición a sulfonas. En este aspecto, las actuales técnicas de desulfuración oxidativa son demasiado ineficaces y no pueden lograr una oxidación suficiente, necesaria para implementarlas sobre una base a gran escala. Más aún, en la medida en que las especies de azufre sólo se oxidan parcialmente (es decir, a sulfóxido), la eliminación eventual de las especies de azufre, la cual se realiza típicamente a través de la extracción de disolvente o absorción, basada en la polaridad diferencial de las sulfonas cuya presencia se asume por tal proceso, no facilita la eliminación de los componentes sulfóxido basada en su menor grado de polaridad (es decir, comparada con las sulfonas). Por consiguiente, tienen que hacerse ajustes sustanciales a la desulfuración oxidativa antes de poder implementar en la práctica tal tecnología.

Además de los compuestos con contenido de azufre, se busca eliminar asimismo compuestos con contenido de nitrógeno de los combustibles fósiles, puesto que estos compuestos tienden a envenenar los componentes ácidos de los catalizadores de hidrocraqueo usados en la refinería. La eliminación de compuestos con contenido de nitrógeno se logra por hidrogenitrogenación, que es un tratamiento con hidrógeno realizado en la presencia de catalizadores de sulfuro metálico.

9

Tanto la hidrodesulfuración como la hidrogenitrogenación requieren catalizadores costosos así como elevadas temperaturas (típicamente 400°F a 850°F, que equivalen a 204°C a 254°C) y presiones (típicamente 344737,85 Pa a 24131649,5 Pa). Estos procesos requieren además una fuente de hidrógeno o una unidad productora de hidrógeno en el sitio, la cual implica inversiones elevadas de capital y costos de operación. En estos dos procesos, existe también un riesgo de fugas de hidrógeno del reactor.

Como tal, en el arte existe una necesidad sustancial de sistemas y métodos operativos para efectuar la eliminación del azufre de los combustibles fósiles refinados, los cuales sean sustancialmente efectivos en eliminar virtualmente todas las especies de azufre presentes en el combustible fósil y, además, extremadamente rentables y susceptibles de integrarse fácilmente en procesos convencionales de refinación de petróleo. Existe asimismo una necesidad en el arte de un método efectivo en eliminar los compuestos con contenido de nitrógeno que, además, sea rentable y sustancialmente eficaz en eliminar virtualmente todas las especies de nitrógeno presentes en tal combustible sólido. Aún más, existe una necesidad de un proceso capaz de mejorar la calidad del combustible fósil refinado tratado por dicho proceso, y que pueda utilizarse fácilmente en operaciones de refinería tanto a gran escala como a pequeña escala.

BREVE SUMARIO DE LA INVENCION

Se ha descubierto ahora que los combustibles fósiles, fracciones de petróleo crudo, y muchos de los componentes que se derivan de estas fuentes pueden experimentar una variedad de conversiones beneficiosas y mejorarse en una variedad de modalidades mediante un proceso que aplica calor y un agente oxidante, preferiblemente junto con energía sónica a tales materiales en un medio de reacción. La fracción de petróleo del combustible fósil se combina preferiblemente con una fase acuosa para formar una emulsión con el fin de facilitar las reacciones que producen la purificación y mejoramiento deseados del combustible fósil.

El gas de hidrógeno no se requiere, pero puede utilizarse como parte de un proceso de hidro-tratamiento convencional para facilitar la eliminación de contaminantes y, en particular, azufre y nitrógeno. En ciertas incorporaciones de la invención, el tratamiento con energía sónica se lleva a cabo en la presencia de un hidroperóxido. En algunas otras incorporaciones, se emplea un catalizador metálico de transición. Uno de los sorprendentes descubrimientos asociados con ciertas incorporaciones de esta invención, sin embargo, es que en algunas solicitudes las conversiones logradas por esta invención pueden obtenerse sin la inclusión de un hidroperóxido en la mezcla de reacción.

Entre las conversiones logradas por la presente invención se encuentran la eliminación de compuestos orgánicos de azufre, la eliminación de compuestos orgánicos de nitrógeno, la saturación de enlaces dobles y anillos aromáticos, y la abertura de anillos en estructuras de anillo fusionado. La invención se ubica además en procesos para convertir aromáticos en cicloparafinas, y abrir uno o más anillos en una estructura de anillo fusionado, convirtiendo así, por ejemplo, naftalenos en aromáticos monocíclicos, antracenos en naftalenos, anillos heterocíclicos fusionados tales como benztiofenos, dibenztiofenos, benzofuranos, quinolinas, indoles, y similares en bencenos sustituidos, acenaftalenos y acenaftenos en indanos e indenos, y aromáticos monocíclicos en estructuras no cíclicas. Aún más, la invención reside en procesos para convertir olefinas en parafinas, y en procesos para romper enlaces carbono-carbono, enlaces carbono-azufre, enlaces carbono-metal, y enlaces carbono-nitrógeno.

Aparte de lo anterior, se aumentan las gravedades API de las fracciones de petróleo crudo y combustibles fósiles (es decir, se reducen las densidades) como resultado de tratamientos de acuerdo a la invención. Entre estas líneas, combustibles fósiles y sus fracciones tratados por los procesos de la presente invención pueden separarse fácilmente en capas múltiples mediante la aplicación de un procedimiento de centrifugación convencional por el cual puede generarse y separarse una capa de bajo

contenido de azufre, liviana, de una capa más pesada con alto contenido de azufre. En este aspecto, debido a que los procesos de la presente invención facilitan la oxidación de azufre, entre otros compuestos, tales compuestos de azufre oxidados, a saber, sulfonas, se hacen precipitar y, por consiguiente, permanecen aislados en una capa de petróleo crudo más pesada. Alternativamente, en la medida en que tales compuestos de azufre no se oxidan y/o si un agente oxidante no se utiliza en el proceso de la presente invención, no obstante aún puede lograrse que el azufre quede retenido en la capa de petróleo crudo más pesada luego de la aplicación de la fuerza centrífuga, particularmente cuando la misma es causada para generar una capa de resina de asfaleno, pesada.

Más aún, la invención eleva el índice de cetano de las fracciones de petróleo y productos de craqueo cuyos puntos de ebullición o márgenes se encuentran en la gama de diesel. El término "margen de diesel" se emplea aquí en el sentido industrial para denotar la porción de petróleo crudo que se destila después de la nafta y, generalmente, en el margen de temperatura de aproximadamente 200°C (392°F) a 370°C (698°F). Se incluyen fracciones y productos de craqueo cuyos márgenes de ebullición están contenidos en este margen, así como aquellos que se superponen con este margen en una medida mayoritaria. Ejemplos de fracciones de refinería y corrientes dentro de la gama diesel son fracciones de aceite de ciclo de craqueo catalítico de lecho fluidizado, fracciones de destilados de unidad de coquización, fracciones diesel de destilación directa y mezclas. La invención imparte asimismo otros cambios beneficiosos tales como la reducción de los puntos de ebullición y la eliminación de componentes que son perjudiciales para el rendimiento del combustible y aquellos que afectan procesos de refinería y aumentan el costo de producción del combustible. Así, por ejemplo, petróleos del FCC pueden tratarse de acuerdo a la invención para reducir severamente su contenido de aromáticos.

Un grupo adicional de fracciones de petróleo crudo para las cuales la invención es particularmente útil son gasóleos, término que se empela aquí como lo es en la industria petrolera, para denotar destilados de petróleo líquidos que poseen puntos de ebullición más elevados que la nafta. El punto inicial de ebullición puede ser tan bajo como 400°F (200°C), pero el margen preferido de ebullición es de alrededor de 500°F a alrededor de 1.100°F (Aproximadamente igual a 260°C a 595°C). Ejemplos de ebullición de fracciones dentro de este margen son aceite de suspensión espesa FCC ("*FCC slurry oil*"), gasóleos pesados y livianos, denominados así en vista de sus diferentes puntos de ebullición, y gasóleos de unidad de coquización. Todos los términos en este y el párrafo precedente se usan aquí como existen en el arte petrolero.

En virtud de las conversiones que ocurren como resultado del proceso de esta invención, las corrientes de hidrocarburos experimentan cambios en sus propiedades de flujo en frío, incluidos sus puntos de vertido, puntos de opacidad, y puntos de congelamiento. También se reducen los compuestos de azufre, los compuestos de nitrógeno, y los compuestos con contenido de metales, y el uso de un proceso de acuerdo a esta invención aminora significativamente la carga sobre los procesos convencionales tales como la hidrodeshulfuración, hidro-denitrogenación, e hidro-desmetalización, los cuales, en consecuencia, pueden llevarse a cabo con mayor efectividad y eficiencia.

Estas y otras ventajas, características, aplicaciones e incorporaciones de la invención se hacen más evidentes con la siguiente descripción.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION E INCORPORACIONES ESPECIFICAS

El término "combustible fósil líquido" se emplea aquí para denotar cualquier líquido carbonoso que se deriva del petróleo, carbón, o cualquier otro material presente en la naturaleza, así como combustibles procesados tales como gasóleos y productos de unidades de craqueo catalítico en lecho

13

fluidizado, unidades de hidro craqueo, unidades de craqueo térmico, y unidades de coquización, y que se usa para generar energía para cualquier tipo de uso, incluidos los usos industriales, los usos comerciales, los usos gubernamentales, y los uso de consumo. Incluidos entre estos combustibles se encuentran los combustibles para automotores tales como gasolina, combustible diesel, carburante para aviones a reacción y combustible para cohetes, así como combustóleos a base de residuos del petróleo incluidos combustibles para barcos y combustibles residuales. El combustóleo No. 6, por ejemplo, que se conoce también como as combustóleo "Bunker C", se utiliza en centrales energéticas, que utilizan petróleo como el principal combustible, y se emplea asimismo como principal combustible de propulsión en barcos de gran calado en la industria naviera. El combustóleo No. 4 y el combustóleo No. 5 se usan para calentar grandes edificaciones tales como escuelas, edificios de apartamentos y edificios de oficinas, y grandes motores marinos estacionarios. El combustóleo más pesado es el residuo de destilación al vacío de la destilación fraccionaria, denominado comúnmente "residuo al vacío," con un punto de ebullición de 565°C y más, el cual se empela en asfalto y alimentación de unidades de coquización. La presente invención es útil en el tratamiento de cualquiera de estos combustibles y combustóleos para efectos de reducir el contenido de azufre, el contenido de nitrógeno, y el contenido de aromáticos, y para el mejoramiento general de la calidad para aumentar el rendimiento y elevar la utilidad. Ciertas incorporaciones de la invención involucran el tratamiento de fracciones o productos en la gama diesel los cuales incluyen, pero no se limitan a, combustible diesel de destilación directa, combustible diesel en surtidor ("*feed-rack diesel fuel*") (como se pone comercialmente a disposición de los consumidores en las estaciones de gasolina), aceite de ciclo liviano, y mezclas de diesel de destilación directa y aceite de ciclo liviano, que varían en proporción de 10:90 a 90:10 (diesel de destilación directa:aceite de ciclo liviano).

El término "fracción de petróleo crudo " se emplea aquí para denotar cualquiera de los diferentes productos de refinería obtenidos de petróleo crudo, sea por destilación a presión atmosférica o destilación en vacío, incluidas fracciones que se han tratado por hidrocraqueo, craqueo catalítico, craqueo térmico, o coquizado, y las que se han desulfurizado. Ejemplos son nafta liviana de destilación directa, nafta pesada de destilación directa, nafta liviana de craqueo con vapor de agua, nafta liviana de craqueo térmico, nafta liviana de craqueo catalítico, nafta pesada de craqueo térmico, nafta reformada, nafta alquilato, querosén, querosén hidrotratado, gasolina y gasolina liviana de destilación directa, diesel de destilación directa, gasóleo atmosférico, gasóleo liviano destilado al vacío, gasóleo pesado destilado al vacío, residuo, residuo destilado al vacío, gasolina liviana de unidad de coquización, destilado de unidad de coquización, aceite de ciclo FCC (unidad de craqueo catalítico en lecho fluidizado), y aceite de suspensión espesa FCC.

El término "compuesto aromático de anillo fusionado" se emplea aquí para denotar compuestos que contienen dos o más anillos fusionados, uno de los cuales es como mínimo un anillo fenilo, con o sin sustituyentes, y incluye compuestos en los cuales todos los anillo fusionados son anillos fenilo o hidrocarbilo, así como compuestos en los cuales uno o más de los anillos fusionados son anillos heterocíclicos. Ejemplos los constituyen naftalenos sustituidos y no sustituidos, antracenos, benzotiofenos, dibenzotiofenos, benzofuranos, quinolinas, e indoles.

El término "olefinas" se emplea aquí para denotar hidrocarburos, principalmente aquellos que contienen dos o más átomos de carbono y uno o más enlaces dobles.

Combustibles fósiles y fracciones de petróleo crudo tratados de acuerdo a esta invención tienen propiedades significativamente mejoradas relativas a los mismos materiales antes del tratamiento, mejoras que hacen los productos únicos y mejoran su utilidad como combustibles. Específicamente, la presente invención es operativa para abrir compuestos aromáticos de anillo fusionado convirtiendo los mismos en compuestos saturados.

15

Tal proceso es igualmente operativo para convertir olefinas en compuestos saturados, de modo que por lo menos uno o más de los enlaces dobles presentes se reemplacen por enlaces simples.

Otra de estas propiedades mejoradas por la presente invención es la gravedad API. El término "gravedad API" se emplea aquí se acostumbra entre los expertos en el arte del petróleo y los combustibles derivados del petróleo. En general, el término representa una escala de medición adoptada por el American Petroleum Institute, valores de la escala que aumentan a medida que disminuyen los valores de gravedad específica. Por consiguiente, una gravedad API relativamente alta significa una densidad relativamente baja. La escala de gravedad API va de -20.0 (equivalente a una gravedad específica de 1.2691) a 100.0 (equivalente a una gravedad específica de 0.6112).

El proceso de la presente invención es aplicable a cualesquiera combustibles fósiles líquidos, preferiblemente aquellos con gravedades API dentro del margen de -10 a 50 y, muy preferiblemente, en el margen de 0 a 45. Para materiales que hierven en la gama de diesel, el proceso de la invención se lleva preferiblemente a cabo de tal manera que los materiales de partida se convierten en productos con gravedades API en el margen de 37.5 a 45. Aceites de ciclo FCC se convierten preferiblemente en productos con gravedades API en el margen de 30 a 50. Para combustibles fósiles líquidos en general, el proceso de la invención se realiza preferiblemente para lograr un incremento en la gravedad API en una magnitud que varía de 2 a 30 unidades de gravedad API y, más preferiblemente, en una magnitud que varía de 7 a 25 unidades. Enunciado en forma alternativa, la invención aumenta preferiblemente la gravedad API de por debajo de 20 a por encima de 35.

Como se indicó anteriormente, los combustibles fósiles con ebullición en la gama diesel, que se tratan de acuerdo a esta invención, experimentan una mejora en su índice cetano (también denominado en el arte el "número cetano") luego de tratarse de acuerdo a esta invención.

Los combustibles diesel para los cuales la invención es de particular interés en este aspecto son aquellos que poseen un índice cetano mayor de 40, preferiblemente en el margen de 45 a 75 y, muy preferiblemente, en el margen de 50 a 65. La mejora en el índice cetano puede expresarse igualmente en términos de un incremento sobre el del material antes del tratamiento mediante los procesos divulgados aquí. En ciertas incorporaciones preferidas, el incremento es en una magnitud que varía de 1 a 40 unidades de índice cetano y, más preferiblemente, en una magnitud que varía de 4 a 20 unidades. Como medios adicionales de expresión, la invención aumenta preferiblemente el índice cetano de por debajo 47 a alrededor de 50. Esta invención puede utilizarse para producir combustibles diesel que tienen un índice cetano mayor de 50.0, o preferiblemente mayor de 60.0. En términos de márgenes, la invención es capaz de producir combustibles diesel que poseen un índice cetano de desde alrededor de 50.0 a alrededor de 80.0 y, preferiblemente, desde alrededor de 60.0 a alrededor de 70.0. El índice cetano o número tiene el mismo significado en esta especificación y las reivindicaciones adjuntas que tiene entre aquellas personas expertas en el arte de los combustibles para automotores.

Como ya se anotó, ciertas incorporaciones de la invención involucran la inclusión de hidroperóxido en la mezcla de reacción. El término "hidroperóxido" se emplea aquí para denotar un compuesto de la estructura molecular:



en la cual R representa o bien un átomo de hidrógeno o bien un grupo orgánico o inorgánico. Ejemplos de hidroperóxidos en los cuales R es un grupo orgánico son hidroperóxidos solubles en agua tales como hidroperóxido de metilo, hidroperóxido de etilo, hidroperóxido de isopropilo, hidroperóxido de *n*-butilo, hidroperóxido de *sec*-butilo, hidroperóxido de *terc*-butilo, hidroperóxido de 2-metoxi-2-propilo, hidroperóxido de *terc*-amilo, e hidroperóxido de ciclohexilo.

17

Ejemplos de hidroperóxidos, en los cuales R es un grupo inorgánico, son ácido peroxonitroso, ácido peroxofosfórico, y ácido peroxosulfúrico. Hidroperóxidos preferidos son peróxido de hidrógeno (en el cual R es un átomo de hidrógeno) y peróxido de alquilo terciario, notablemente peróxido de *tert*-butilo.

El fluido acuoso que, en forma opcional, puede combinarse con el combustible fósil u otro material de partida orgánico líquido en los procesos de esta invención puede ser agua o cualquier solución acuosa. Las cantidades relativas de fases orgánicas y acuosas pueden variar y, aunque pueden afectar la eficiencia del proceso o la facilidad de manejar los fluidos, las cantidades relativas no son críticas para esta invención. En este aspecto, se contempla que el fluido acuoso pueda estar presente en cualquier punto desde alrededor de 0% a 99% en peso de las fases acuosa y orgánica combinadas. En la mayoría de los casos, sin embargo, los mejores resultados se lograran cuando la proporción de volumen de la fase orgánica a la fase acuosa es desde alrededor de 8:1 a alrededor de 1:5, preferiblemente desde alrededor de 5:1 a alrededor de 1:1 y, muy preferiblemente desde alrededor de 4:1 a alrededor de 2:1.

Aunque opcional, cuando está presente un hidroperóxido, la cantidad de hidroperóxido en relación con las fases acuosa y orgánica puede variarse y, aunque la velocidad de conversión y rendimiento puede variar en cierto modo con la proporción del hidroperóxido, la proporción real no es crítica para la invención, y cantidades excesivas de cualquier tipo se eliminaran por la aplicación de energía sónica. Por ejemplo, cuando la cantidad de H_2O_2 se calcula como un componente de las fases acuosa y orgánica combinadas, por lo general se obtendrán resultados favorables en la mayoría de los sistemas con la presencia de H_2O_2 en el margen de desde alrededor de 0.0003% a alrededor de 70% en volumen (como H_2O_2) y, preferiblemente desde alrededor de 1.0% a alrededor de 20% de las fases combinadas. Para hidroperóxidos distintos de H_2O_2 , las concentraciones preferidas serán aquellas de cantidades equivalentes.

18

En ciertas incorporaciones de esta invención, para estabilizar la emulsión se incluye un agente tensoactivo u otro estabilizador de emulsión. Ciertas fracciones de petróleo contienen agentes tensoactivos como componentes, presentes en la naturaleza, de las fracciones, y estos agentes pueden servir por sí mismos para estabilizar la emulsión. En otros casos, pueden agregarse tensoactivos sintéticos o presentes en la naturaleza. Puede utilizarse cualquiera de la amplia variedad de materiales conocidos, que son efectivos como estabilizantes de emulsión. Listados de estos materiales se encuentran a disposición en McCutcheon's Volume 1: Emulsifiers & Detergents - 1999 North American Edition, McCutcheon's Division, MC Publishing Co., Glen Rock, New Jersey, USA, y otra literatura publicada. Pueden usarse surfactantes catiónicos, aniónicos y no iónicos. Especies catiónicas preferidas son sales de amonio cuaternario, sales de fosfonio cuaternario y éteres corona. Ejemplos de sales de amonio cuaternario son bromuro de tetrabutil amonio, sulfato de hidrógeno de tetrabutil amonio, cloruro de tributilmetil amonio, cloruro de benciltrimetil amonio, cloruro de benciltriethyl amonio, cloruro de metiltricaprilil amonio, bromuro de dodeciltrimetil amonio, bromuro de tetraoctil amonio, cloruro de cetiltrimetil amonio, e hidróxido de trimetiloctadecil amonio. Haluros de amonio cuaternario son útiles en muchos sistemas, y los más preferidos son bromuro de dodeciltrimetil amonio y bromuro de tetraoctil amonio.

Los tensoactivos preferidos son aquellos que promuevan la formación de una emulsión entre las fases acuosa y orgánica luego de pasar los líquidos por una bomba mezcladora común, pero que separen espontáneamente la mezcla de producto en fases orgánica y acuosa apropiadas para separación inmediata mediante decantación u otros procedimientos sencillos de separación de fases. Una clase de agentes tensoactivos que cumplirán este cometido son hidrocarburos C_{15} - C_{20} es alifáticos líquidos y mezclas de tales hidrocarburos, preferiblemente aquellos que tienen una gravedad específica de por lo menos alrededor de 0.82 y, muy preferiblemente, por lo menos alrededor de 0.85.

19

Ejemplos de mezclas de hidrocarburos que satisfacen esta descripción, son particularmente convenientes para uso y fácilmente disponibles son los aceites minerales, preferiblemente aceite mineral pesado o ultra pesado. Los términos "aceite mineral", "aceite mineral pesado," y "aceite mineral ultra pesado" son bien conocidos en el arte y se emplean aquí en la misma manera en que se usan comúnmente en el arte. Tales aceites son fácilmente disponibles de proveedores químicos comerciales en todo el mundo.

Cuando en la práctica de esta invención se usa un agente emulsionante agregado, la cantidad apropiada del agente a emplear es cualquier cantidad cuyo desempeño sea como se describe anteriormente. Por lo demás, la cantidad no es crítica y puede variar dependiendo de la elección del agente y, en el caso del aceite mineral, el grado del aceite mineral. La cantidad puede variar igualmente con la composición del combustible, las cantidades relativas de fases orgánica y acuosa, y las condiciones de operación. La selección apropiada será un asunto de elección de rutina y ajuste para el ingeniero experto. En el caso del aceite mineral, los mejores y más eficientes resultados se obtendrán generalmente usando una proporción de volumen de aceite mineral a la fase orgánica 1 de desde alrededor de 0.00003 a alrededor de 0.003.

En ciertas incorporaciones de la invención, puede incluirse un catalizador metálico en el sistema de reacción para regular la actividad del radical hidroxilo producido por el hidroperóxido. Ejemplos de tales catalizadores son catalizadores de metal de transición y, preferiblemente, metales con números atómicos de 21 a 29, 39 a 47, y 57 a 79. Metales particularmente preferidos de este grupo son níquel, azufre, tungsteno (y tungstatos), cobalto, molibdeno, y sus combinaciones. En ciertos sistemas dentro del ámbito de esta invención, son útiles catalizadores Fenton (sales ferrosas) y catalizadores de ión metálico en general, tales como iones de hierro (II), hierro (III), cobre (I), cobre (II), cromo (III), cromo (VI), molibdeno, tungsteno, cobalto y vanadio. De éstos, se prefieren catalizadores de hierro (II), hierro (III), cobre (II) y tungsteno.

Para algunos sistemas, tales como petróleo crudo, se prefieren catalizadores tipo Fenton, mientras que para otros, tales como sistemas con contenido de diesel, se prefieren tungsteno o tungstatos. Los tungstatos incluyen ácido túngstico, ácidos túnsticos sustituidos tal como ácido fosfotúngstico, y tungstatos de metal. En ciertas incorporaciones de la invención, son particularmente útiles níquel, plata, o tungsteno, o combinaciones de estos tres metales. El catalizador metálico, si está presente, se usará en una cantidad catalíticamente efectiva, lo cual significa cualquier cantidad que intensifique la evolución de la reacción (es decir, aumente la velocidad de reacción) hacia la meta deseada, particularmente la oxidación de los sulfuros en sulfonas. El catalizador puede estar presente como partículas de metal, miniesferas, hojuelas, virutas, u otras formas similares, retenidas en la cámara de aplicación de energía sónica por barreras físicas tales como tamices u otros medios de contención, a medida que se permite pasar el medio de reacción.

De los catalizadores ya mencionados, entre los más preferidos se incluyen ácido fosfotúngstico, o puede utilizarse una mezcla de tungstato de sodio y ácido fenilfosfónico basándose en el precio más bajo y fácil disposición a granel ("*in bulk form*"). Debe entenderse, sin embargo, que el uso de tales catalizadores es opcional y se requiere por un experto en el arte para poner en práctica la presente invención.

La temperatura de las fases orgánica y acuosa combinadas puede variar ampliamente, aunque en la mayoría de los casos se contempla que la temperatura se eleve a alrededor de 500°C, preferiblemente a alrededor de 200°C y, muy preferiblemente, no más de 125°C. El grado óptimo de calentamiento variará con el líquido orgánico particular a tratarse y la proporción de fases acuosas a orgánicas, a condición de que la temperatura no sea lo suficientemente alta para volatilizar el líquido orgánico. Con combustible diesel, por ejemplo, muy a menudo los mejores resultados se obtendrán pre-calentando el combustible a una temperatura de por lo menos alrededor de 70°C y, preferiblemente, desde alrededor de 70°C a alrededor de 100°C.

La fase acuosa puede calentarse a cualquier temperatura hasta su punto de ebullición.

Aunque opcional, la energía sónica usada de acuerdo con esta invención consta de ondas similares a sonido, cuya frecuencia se encuentra dentro del margen de desde alrededor de 2 kHz a alrededor de 100 kHz y, preferiblemente, dentro del margen de desde alrededor de 10 kHz a alrededor de 19 kHz. En una incorporación más altamente preferida, la energía sónica utilizada posee una frecuencia dentro del margen desde alrededor de 17 kHz a 19 kHz.

Como se observará por los expertos en el arte, algunas ondas sónicas pueden generarse a partir de fuentes mecánicas, eléctricas, electromagnéticas, u otras fuentes conocidas de energía. En este aspecto, los diferentes métodos de producir y aplicar energía sónica, y proveedores comerciales de equipo productor de energía sónica, son bien conocidos entre los expertos en el arte. Ejemplares de tales sistemas capaces de utilizarse en la práctica de la presente invención para impartir el grado necesario de energía sónica divulgados aquí incluyen aquellos sistemas ultrasónicos producidos por Hielscher Systems de Teltow, Alemania y distribuidos en el mercado doméstico por Hielscher U.S.A., Inc. of Ringwood, New Jersey.

La intensidad de la energía sónica aplicada poseerá preferiblemente un magnitud suficiente para facilitar la oxidación de por lo menos una porción de las especies con contenido de azufre y nitrógeno presentes en el combustible fósil que se está tratando, así para abrir los compuestos de anillo fusionado y saturar los compuestos de olefinas que puedan hallarse presentes. En la actualidad, se cree que la energía sónica aplicada debe tener una amplitud de desplazamiento en el margen de desde alrededor de 10 a 300 micrómetros, y puede ajustarse de acuerdo a si los procesos de la presente invención se llevan a cabo a temperaturas y/o presiones elevadas.

En la medida en que los procesos de la presente invención se efectúen a temperatura y presión ambientes, puede ser apropiada una amplitud de desplazamiento desde alrededor de 30 a 120 micrómetros, prefiriéndose un margen de aproximadamente 36 a 60 micrómetros. El margen preferido de potencia que debe suministrarse por volumen unitario (es decir, densidad de potencia) debe variar preferiblemente desde alrededor de 0.01 vatios por centímetro cúbico a alrededor de 100.00 vatios por centímetro cúbico de líquido tratado y, preferiblemente, desde alrededor de 1 vatio por centímetro cúbico a alrededor de 20 vatios por centímetro cúbico de líquido tratado. Debe entenderse, sin embargo, que podrían alcanzarse densidades de potencia más altas, dada la capacidad del equipo existe para producir un rendimiento de potencia tan alto como 16 kilovatios, y que tal rendimiento más alto de potencia puede utilizarse para facilitar las reacciones de la presente invención.

El tiempo de exposición del medio de reacción a la energía sónica no es crítico para la práctica o el éxito de la invención, y el tiempo óptimo de exposición variará de acuerdo con el tipo de combustible que se está tratando. No obstante, una ventaja de la invención es que pueden obtenerse resultados útiles y efectivos con un tiempo de exposición relativamente corto. Un margen preferido de tiempos de exposición va desde alrededor de 1 segundo a alrededor de 30 minutos, y un margen más preferido va desde alrededor de 1 segundo a 1 minuto, obteniéndose excelentes resultados con tiempos de exposición de aproximadamente 5 segundos y, posiblemente, menos.

En la medida deseada, mejoras en la eficiencia y efectividad del proceso pueden lograrse asimismo por reciclaje o tratamientos secundarios con energía sónica. Por ejemplo un suministro fresco de agua puede agregarse a la fase orgánica tratada y separada para formar una emulsión fresca, la cual se expone entonces a tratamiento posterior con energía sónica, sobre bases por lotes o continuas.

23

La re-exposición a energía sónica puede repetirse muchas veces para incluso mejores resultados, y puede lograrse fácilmente en un proceso continuo por una corriente de reciclaje o mediante el uso de un tratamiento de energía sónica de segunda fase y, posiblemente, un tratamiento de energía sónica de tercera fase, con un suministro fresco de agua en cada fase.

En sistemas donde la reacción inducida por la aplicación de energía sónica produce subproductos indeseados en la fase orgánica, estos subproductos pueden eliminarse por métodos convencionales de extracción, absorción o filtración. Cuando los subproductos son compuestos polares, por ejemplo, el proceso de extracción puede ser cualquier proceso que extraiga compuestos polares de un medio líquido no polar. Tales procesos incluyen extracción sólido-líquido, usando absorbentes tales como gel de sílice, alúmina activada, resinas poliméricas y zeolitas. Igualmente puede usarse extracción líquido-líquido, con disolventes polares tales como dimetil formamida, N-metilpirrolidona, o acetonitrilo. Puede emplearse una variedad de disolventes orgánicos que son inmiscibles o marginalmente miscibles con el combustible fósil. Son ejemplo el tolueno y disolventes similares.

Alternativamente, en la medida en que se produzcan subproductos deseables de cualquier tipo en la fase orgánica, la cual consta de las especies con contenidos oxidados de azufre y nitrógeno, tales como sulfóxidos y sulfonas, los mismos pueden tratarse de acuerdo con procesos convencionales de hidrodesulfuración. En este aspecto, los procesos oxidativos de la presente invención pueden incorporarse en aquellos procesos divulgados en la Solicitud de la Patente de los Estados Unidos, pendiente, número consecutivo 10/411,796, presentada el 11 de abril de 2003, titulada PROCESOS DE ELIMINACIÓN DE SULFONAS, y la Solicitud de Patente de los Estados Unidos, número consecutivo 10/429,369 presentada el 5 de mayo de 2003, titulada PROCESO PARA GENERAR Y ELIMINAR SULFÓXIDOS DE COMBUSTIBLE FÓSIL, cuyas enseñanzas se incorporan expresamente aquí por referencia.

24

Para facilitar la eliminación de compuestos con contenido de azufre, los procesos de la presente invención pueden incorporar además el uso de la aplicación de fuerza centrífuga, la cual hace que los combustibles fósiles, tratados de acuerdo con la presente invención, se clasifiquen o estratifiquen en capas de densidad variable. Específicamente, siguiendo los procesos ya discutidos, mediante los cuales los combustibles fósiles sospechosos de contener azufre, se someten a la aplicación de ultrasonido y un agente oxidante, el combustible fósil resultante puede someterse entonces a un paso de centrifugación, que producirá una capa liviana (es decir, baja densidad), con un bajo contenido de azufre, y una capa pesada (es decir, más densa) con una concentración mayor de azufre. En este aspecto, en la medida en que cualquiera de los compuestos con contenido de azufre presentes en el combustible fósil se oxida para convertirse en sulfonas, tales sulfonas se precipitarán en la capa pesada. Alternativamente, en la medida en que no se utiliza un agente oxidante y/o el azufre no se oxida, se cree que, no obstante, el azufre se precipitará en la capa más pesada y más densa, particularmente si se centrifuga una fracción de petróleo crudo, lo cual resulta en la producción de una capa pesada de resina de asfaleno. En este aspecto, se contempla que la aplicación de una fuerza tipo centrífuga es operativa no sólo para facilitar la estratificación de tales capas, sino también posiblemente operativa para descomponer químicamente resinas presentes de cualquier tipo, para así posibilitar que ocurra tal separación, y así como posiblemente disminuir la cantidad de asfalenos presentes en tal combustible fósil. Expuestos en la siguiente Tabla 1 se encuentran los resultados de tal fracción de petróleo crudo y, en particular, varios de sus componentes tratados por centrifugación, habiéndose sometido previamente a ultrasonido a aproximadamente 19 kHz durante aproximadamente ocho minutos a 15,5°C en la presencia de 2.5% de peróxido de hidrógeno. Luego de la aplicación de tal proceso oxidativo y la aplicación de centrifugación, se generó una capa liviana, la cual se extrajo y se comparó con la composición pre-centrifugada.

TABLA 1

	ANTES	DESPUÉS (en capa más liviana)
Azufre	2.5	7
Parafinas	52	62
Aromáticos	30	25
Asfaltenos	9	5
Visc. cs@37.7°C	52	2

Las reacciones resultantes de los procesos de la presente invención pueden generar calor y, con ciertos materiales de partida, puede ser preferible eliminar alguna porción del calor generado para mantener el control sobre la reacción. Cuando la gasolina se trata de acuerdo con esta invención, por ejemplo, es preferible enfriar el medio de reacción cuando el mismo se somete a energía sónica. El enfriamiento se puede lograr fácilmente por medios convencionales, tales como el uso de una camisa de líquido refrigerante o un refrigerante que circula a través de un serpentín de refrigeración en el interior de una cámara, en donde se despliega la energía sónica. El agua a presión atmosférica es un refrigerante efectivo para estos propósitos. Métodos de refrigeración apropiados o dispositivos serán fácilmente evidentes a los expertos en el arte. El enfriamiento es generalmente innecesario con combustible diesel, gasóleos y residuos.

Las condiciones de operación en general para la práctica de esta invención pueden variar ampliamente, dependiendo del material orgánico que se está tratando y la forma de tratamiento. El pH de la emulsión, por ejemplo, puede variar desde un cifra tan baja como 1 a una tan elevada como 10, aunque en la actualidad se cree que los mejores resultados se logran en un rango de pH de 2 a 7. Análogamente, la presión de la emulsión, a medida que se somete a energía sónica, puede variar, situándose desde sub-atmosférica (tan baja como 5 psia ó 0.34 atmósferas) a tan alta como 3.000 psia (214 atmósferas), si bien preferiblemente menos

de alrededor de 400 psia (27 atmósferas) y, más preferiblemente, menos de alrededor de 50 psia (3.4 atmósferas) y, muy preferiblemente, desde alrededor de la presión atmosférica a alrededor de 50 psia.

Las condiciones operativas descritas en los párrafos precedentes que se refieren a la aplicación de energía sónica, la inclusión de estabilizantes de emulsión y catalizadores, y las condiciones generales de temperatura y presión se aplican al proceso de la invención, independientemente de si en la mezcla de reacción está presente peróxido de hidrógeno o no, o cualquier otro hidroperóxido. Uno de los descubrimientos únicos y sorprendentes de esta invención es que cuando se utiliza energía sónica en el proceso ya mencionado, los niveles de compuestos con contenido de azufre y compuestos con contenido de nitrógeno se reducen sustancialmente, independientemente de si está presente un hidroperóxido. Más aún, el proceso, como se divulga aquí, puede llevarse a cabo o bien en lotes o bien en una operación de flujo continuo. Análogamente, se ha descubierto en forma inesperada que incluso en la medida en que no se utilice energía sónica en la práctica de la presente invención, y que los procesos divulgados aquí utilicen simplemente la combinación de calor, calor en combinación con un agente oxidante, y/o la aplicación posterior o centrifugación y/o hidrodesulfuración, numerosos objetivos (por ejemplo, eliminación de azufre y nitrógeno, y mejoramiento en las propiedades de los combustibles) de la presente invención pueden lograrse fácilmente en una forma extremadamente rentable y eficiente.

Modificaciones y mejoras adicionales de la presente invención pueden ser igualmente evidentes a las personas de habilidad ordinaria en el arte. Por consiguiente, la combinación particular de partes y pasos descritos e ilustrados aquí pretende representar sólo ciertas incorporaciones de la presente invención, y no pretende servir como limitaciones de dispositivos y métodos alternativos dentro del espíritu y ámbito de la invención.

REIVINDICACIONES

1. Un proceso para remover azufre orgánico de una fracción de petróleo crudo, donde dicho proceso comprende:

- a) exponer dicha fracción de petróleo crudo en ausencia de agua añadida de cualquier solución acuosa a una energía sónica que tiene una frecuencia que varía entre 2kHz a 100kHz, y con una amplitud de desplazamiento que va desde 10 micrómetros a 300 micrómetros;
- b) poner en contacto dicha fracción de petróleo crudo del paso (a) con gas de hidrogeno bajo condiciones que provocan la conversión de dicho azufre orgánico por hidrodesulfuración.

2. El proceso de la reivindicación 1 en donde la energía sónica tiene una frecuencia que varía entre 2kHz hasta 19kHz.

3. El proceso de la reivindicación 1 en donde dicha fracción de petróleo crudo es una fracción que hierve en la gama diesel.

4. El proceso de la reivindicación 1 en donde dicha fracción de petróleo crudo es un miembro seleccionado del grupo conformado por fracciones de petróleo de ciclo de craqueo catalítico en lecho fluidizado (FCC), fracciones de destilado de unidad de coquización, fracciones de diesel de destilación directa y sus mezclas.

5. El proceso de la reivindicación 1 en donde dicha fracción de petróleo crudo es una fracción que hierve en la gama gasóleo.

6. El proceso de la reivindicación 3 en donde dicha fracción de petróleo crudo es un miembro seleccionado del grupo conformado por aceite de ciclo FCC, aceite de suspensión espesa FCC, gasóleo liviano, gasóleo pesado y gasóleo de unidad de coquización.

7. El proceso de la reivindicación 1 en donde dicha fracción de petróleo crudo es un miembro seleccionado del grupo conformado por gasolina, carburante para aviones a reacción, diesel de destilación directa, mezclas de diesel de destilación directa y aceite de ciclo liviano FCC, y combustibles a base de residuos de petróleo.

8. El proceso de la reivindicación 1 en donde en el paso (a) dicha fracción de petróleo crudo se expone a dicha energía sónica desde 1 segundo a 1 minuto.

9. El proceso de la reivindicación 1 en donde en el paso (a), dicha mezcla se calienta a una temperatura no superior a 500°C.

10. El proceso de la reivindicación 1 en donde en el paso (a), dicha mezcla se calienta a una temperatura no superior a 200°C.

11. El proceso de la reivindicación 1 en donde en el paso (a), dicha mezcla se calienta a una temperatura no superior a 125°C.

12. El proceso de la reivindicación 1 en donde el paso (a) se lleva a cabo a una presión de menos de 2757902,8 Pa.

13. El proceso de la reivindicación 1 en donde el paso (a) se lleva a cabo a una presión de menos de 344737,85 Pa.

14. El proceso de la reivindicación 1 en donde el paso (a) se lleva a cabo a una presión en el margen de desde una presión atmosférica hasta 344737,85 Pa.

15. El proceso de la reivindicación 1, en donde la fracción de petróleo crudo contiene además compuestos que contienen nitrógeno y en el paso (a) la mayor parte de dichos compuestos que contienen nitrógeno en dicha fracción de petróleo crudo son oxidados.