(12) SOLICITUD INTERNACIONAL PUBLICADA EN VIRTUD DEL TRATADO DE COOPERACIÓN EN MATERIA DE PATENTES (PCT)

(19) Organización Mundial de la Propiedad Intelectual
Oficina internacional

(43) Fecha de publicación internacional
4 de Junio de 2009 (04.06.2009)

PCT

(10) Número de Publicación Internacional
WO 2009/068993 A1

(51) Clasificación Internacional de Patentes:
*B08B 9/093* (2006.01) *C10G 1/00* (2006.01)

(21) Número de la solicitud internacional:
PCT/IB2008/003609

(22) Fecha de presentación internacional:
1 de Diciembre de 2008 (01.12.2008)

(25) Idioma de presentación: español

(26) Idioma de publicación: español

(30) Datos relativos a la prioridad:
07-126798
29 de Noviembre de 2007 (29.11.2007) CO

(71) Solicitante *(para todos los Estados designados salvo US)*: **ECOPETROL S.A.** [CO/CO]; CARRERA 13 No. 36-24 P.11, Bogota D.C. (CO).

(72) Inventores; e

(75) Inventores/Solicitantes *(para US solamente)*: **VIDALES OLAYA, Humberto** [CO/CO]; Km. 7 Via Floridablanca, Piedecuesta, Santander (CO). **AFANADOR REY, Luz Edelmira** [CO/CO]; Km. 7 Via Floridablanca, Piedecuesta, Santander (CO). **PARRA RAMIREZ, Martha Josefina** [CO/CO]; Km. 7 Via Floridablanca, Piedecuesta, Santander (CO). **RODRIGUEZ RODRIGUEZ, Lilia** [CO/CO]; Km. 7 Via Floridablanca, Piedecuesta, Santander (CO). **LOSIK, Elena** [CO/CO]; Km. 7 Via Floridablanca, Piedecuesta, Santander (CO). **VARGAS NAVARRO, Jose Isaias** [CO/CO]; Km. 7 Via Floridablanca, Piedecuesta, Santander (CO).

(74) Mandatario: **RODRIGUEZ D'ALEMAN, Dilia Maria**; CARRERA 11 No. 86-53 PISO 6, Edificio Segovia, Bogota (CO).

(81) Estados designados *(a menos que se indique otra cosa, para toda clase de protección nacional admisible)*: AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,

*[Continúa en la página siguiente]*

(54) Title: METHOD FOR THE FLUIDISATION OF SEDIMENT AND THE RECOVERY OF HYDROCARBONS FROM HYDROCARBON STORAGE TANKS

(54) Título: METODO PARA LA FLUIDIZACION DE BORRAS Y RECUPERACION DE HIDROCARBUROS DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE HIDROCARBUROS

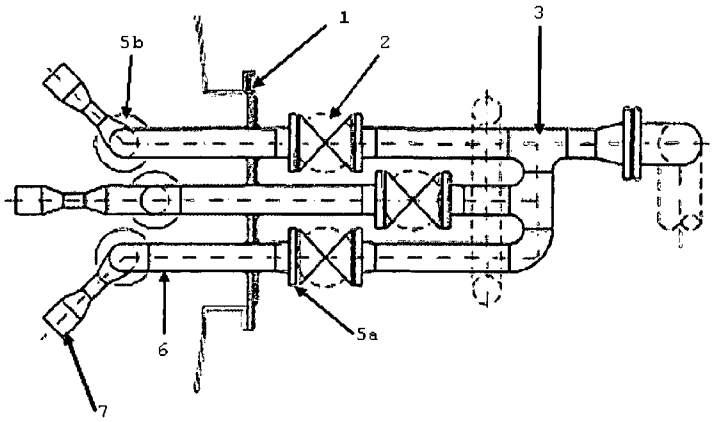


FIGURA 3

(57) Abstract: The invention relates to a method for the fluidisation of sediment and the recovery of hydrocarbons from hydrocarbon storage tanks. The method comprises the following steps: diagnosis and definition of the detection process, measurement and characterisation of the sediment or oily sludge, adaptation or installation of the fluidisation system, fluidisation by means of agitation, and hydrocarbon recovery. During the adaptation or installation step, the direction of the agitators is varied if the tank includes such elements or a fluidisation system is installed in the manhole of the tank. The system includes a manhole cover (1), the outer surface of which is designed to receive a manifold (3) connected to a pump (4), which recirculates the product through the manhole. Said manifold is coupled to the manhole cover (1) by means of flanges (5a, 5b) and includes three pipes connected to three independent valves (2) and, on the inner surface thereof, one or more nozzle tubes (6) coupled to a nozzle (7) by means of flanges.

*[Continúa en la página siguiente]*

WO 2009/068993 A1

GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

**(84) Estados designados** *(a menos que se indique otra cosa, para toda clase de protección regional admisible)*: ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), euroasiática (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europea (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Declaración según la Regla 4.17:**

— *sobre el derecho del solicitante para solicitar y que le sea concedida una patente (Regla 4.17(ii))*

**Publicada:**

— *con informe de búsqueda internacional*

— *antes de la expiración del plazo para modificar las reivindicaciones y para ser republicada si se reciben modificaciones*

**(57) Resumen:** La presente invención se refiere a un método que comprende las siguientes etapas: diagnóstico y definición del proceso detección, medición y caracterización de las borras o los lodos aceitosos, adecuación o instalación del sistema de fluidización, fluidización mediante agitación y recuperación de hidrocarburo. La adecuación o instalación comprende la variación de la dirección de los agitadores, si el tanque posee estos elementos, o la instalación de un sistema de fluidización en el manhole del tanque. Dicho sistema comprende: una tapa de manahole (1) adaptada para recibir en su lado externo un múltiple (3) conectado a una bomba (4), que recircula producto a través del manhole. Dicho múltiple se acopla a la tapa del manhole (1) por medio de bridas (5a, 5b) y comprende tres tuberías conectadas a tres válvulas (2) independientes y en su lado interno, uno o más tubos de boquilla (6) acoplados mediante bridas a una boquilla (7).

# MÉTODO PARA LA FLUIDIZACION DE BORRAS Y RECUPERACION DE HIDROCARBUROS DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE HIDROCARBUROS

## CAMPO DE LA INVENCIÓN

La presente solicitud se relaciona con un método de fluidización para remover borras o lodos aceitosos que se depositan en los fondos de los tanques de almacenamiento de hidrocarburos y que además, comprende la recuperación de los hidrocarburos.

En los campos de petróleo, una vez el crudo se extrae del subsuelo debe ser sometido a procesos para removerles el agua y la sal que traen asociada. Después de estos tratamientos, los crudos son almacenados en tanques para posteriormente ser transportados hacia los centros de refinación o hacia los puertos para su exportación. Adicional al agua, el crudo contiene arena del pozo y otros materiales, como óxidos de las tuberías. Una vez los crudos llegan a las refinerías son sometidos a los procesos de destilación y tratamiento para la obtención de productos como gasolina, diesel, kerosene, nafta, etc. Durante el desarrollo de estos procesos se presenta formación de agua y arrastre de materiales sólidos, como residuos de catalizadores y óxidos de metales. Los productos destilados obtenidos también son almacenados en tanques antes de su despacho hacia centros de distribución para su consumo.

Para el almacenamiento de estos hidrocarburos se utilizan tanques que pueden ser desde baja capacidad (180 $m^3$) hasta alta capacidad (40000 $m^3$), los cuales pueden tener diámetros entre 4 y 60 metros. Los tanques, dependiendo del producto que almacenan, pueden ser de techo fijo (cónico, ovalado) o de techo flotante.

Durante el almacenamiento de los diferentes tipos de hidrocarburos ocurren procesos de sedimentación donde los compuestos más densos, tales como agua, hidrocarburos pesados y sólidos se van acumulando en el fondo del tanque hasta formar materiales pastosos y viscosos, los cuales reciben el nombre de borras o

lodos aceitosos, en adelante lodos aceitosos. El hidrocarburo presente en los lodos aceitosos esta formado por algunos compuestos pesados, como asfáltenos, resinas y/o por parafinas, que se precipitan debido a diferentes mecanismos atrapando agua y sólidos en este proceso. Los sedimentos o sólidos pueden ser óxidos, arenas, partículas finas y residuos metálicos.

En la industria del petróleo, por lo general, se le hace mantenimiento a los tanques cada cinco años. El mantenimiento implica desocupar el tanque, sacarlo de servicio y proceder a limpiarlo, es decir, removerle los lodos aceitosos, hasta dejarlo en condiciones que permita el ingreso del personal para su revisión, mantenimiento y reparación, en el caso de requerirlo. Los lodos aceitosos siempre se han considerado como desechos industriales contaminantes.

El método de la presente invención permite la limpieza de tanques que contienen hidrocarburos livianos, semipesados o pesados, retirando los lodos aceitosos, lo que disminuye la necesidad de ingreso de personal para removerlos y los días en que el tanque está fuera de servicio, mejorando la recuperación de los hidrocarburos que los conformaban y minimizando la emisión de contaminantes.

## ESTADO DEL ARTE

Al almacenar hidrocarburos en tanques, por efectos de las diferencias de densidades de los compuestos que forman el crudo y debido a efectos térmicos, tiempos de reposo o patrones de flujo en el tanque, se sedimentan los compuestos más pesados o los compuestos parafínicos, los cuales se conocen con el nombre de “borra” o "lodos aceitosos". Los lodos aceitosos están compuestos de hidrocarburos, agua y sedimentos. Los hidrocarburos pueden ser parafinas, asfaltenos, resinas y los sedimentos pueden ser residuos metálicos causados por oxidación de las tuberías o los tanques mismos, materiales inorgánicos, arenas, partículas finas y residuos metálicos de diferente índole. Esta situación produce depósitos en los tanques de almacenamiento los cuales generan contaminantes que afectan los procesos subsiguientes de refinación y transporte.

El tipo y consistencia de los lodos aceitosos depende del producto almacenado. Los de destilados son lodos aceitosos coloidales de baja viscosidad y fácil fluidización; los de hidrocarburos livianos y medios parafínicos son lodos aceitosos y pastosos de baja fluidez, que requieren de recirculación y/o calentamiento para eliminar su característica parafínica, que los hace sólidos a la temperatura en el interior del tanque de almacenamiento. Para fundir o dispersar la parafina presente se debe calentar o agregar aditivos y someterla a procesos de agitación para asegurar su fluidización. Los lodos aceitosos de hidrocarburos semipesados y pesados son de baja fluidez y de alta viscosidad, por lo que se requiere de dilución y/o calentamiento para su fluidización, pues tienen un alto contenido de asfáltenos y resinas.

La presencia de los lodos aceitosos causa diversos inconvenientes a la operación de almacenamiento generando pérdida de hidrocarburos atrapados en los lodos, atrapan el agua lo que impide que ésta se pueda drenar, disminuyen la capacidad de almacenamiento del tanque, promueven la corrosión de fondos de tanque, contaminan los productos de despacho y causan problemas en las unidades de bombeo debido a la erosión.

Una forma de limpieza convencional de tanques, es básicamente la remoción manual de lodos. Dicha limpieza consiste en ingresar cuadrillas de personal al interior del tanque por periodos cortos de tiempo (10 minutos) para proceder a la remoción de los lodos o lodos aceitosos en forma manual, utilizando palas y baldes.

Esta metodología es inapropiada desde varios puntos de vista: es un proceso demorado y costoso, se trabaja en condiciones altamente riesgosas para la salud humana y la mayoría de las veces no se recupera el hidrocarburo presente en los lodos aceitosos sino que se dispone en áreas donde genera contaminación. Esto ocasiona mayores costos debido a que para su tratamiento se debe disminuir la concentración de hidrocarburo en los lodos aceitosos mediante el mezclado con grandes cantidades de tierra antes de someterlo a procesos de bioremediación, debido a que los microorganismos solo son capaces de biodegradar material con hidrocarburo en baja concentración. Es decir, en el método convencional no se recupera hidrocarburo, se contamina, y la limpieza solo genera costos.

Como se mencionó anteriormente, los tanques dependiendo del producto que almacenan pueden ser de techo fijo (cónico, ovalado) o de techo flotante. Los tanques de techo fijo tienen un diseño que permite depositar todo el peso del techo del tanque sobre sus paredes. Los tanques de techo flotante están diseñados para que el techo flote sobre el fluido que almacenan y tienen repartidos en toda el área del techo unas guías o tubos huecos que se utilizan para asentar el techo al piso del tanque cuando están en posición de mantenimiento.

En la actualidad se conocen en el estado del arte diferentes métodos y aparatos para remover los lodos aceitosos, sedimentos o lodos depositados en el fondo de los tanques de almacenamiento de hidrocarburos.

Entre ellos se tiene el método descrito en la patente US 4,770,711, el cual utiliza un aparato hidráulico portátil o vehículo para la limpieza de los lodos que contienen hidrocarburos de un tanque de almacenamiento de crudo. En él se utiliza un agente fluidizante, a base de agua y agente emulsificante, aplicado en una relación de lodo a agente fluidizante de 70/30.

Por otro lado, la patente US 5,335,395, describe un aparato para remover lodos, el cual es insertado a través del manhole al tanque de almacenamiento. El aparato incluye una plataforma conectada a una bomba y dos canales conectados a la plataforma, los cuales tienen una especie de taladro o sin fin, que corta los lodos y los conduce hacia la entrada de la bomba.

Los métodos de limpieza que emplean aparatos como los arriba citados presentan la desventaja que no pueden emplearse en tanques de techo flotante porque estos contienen unas guías o barras dentro del tanque que obstaculizan el movimiento del vehiculo en su interior.

Por su parte, la patente US 5,008,035 se relaciona con un proceso de fluidización de crudos pesados y lechadas compuestas de catalizador, coque y residuos de asfalto. El proceso comprende una etapa de calentamiento con mezclado a una temperatura

de hasta 60°C, la adición de un agente fluidizante que comprende los siguientes compuestos: agua (15-85%), un aditivo nonilfenoletoxilado, formaldehído con un peso molecular entre 1000 y 25000, surfactantes con HLB entre 40 y 5, tal como alcanolamidas condensadas, fosfatos de alcoholes grasos etoxilados y sus mezclas, y solventes orgánicos como naftas, naftas aromáticas, naftas pesadas, aromáticos alquilados o livianos y sus mezclas, con estos ingredientes y los residuos se forman lechadas calientes, las cuales son mezclados hasta lograr su fluidización.

El anterior proceso se enfoca a tanques que almacenan hidrocarburos pesados, razón por la cual se reivindica la utilización de un producto químico especifico y adicionalmente, no plantea la recuperación del hidrocarburo. Además, la citada solicitud de patente emplea un aditivo de composición química diferente al que hace parte del proceso aquí reivindicado.

La patente US 5,611,869, revela un método y composición para la limpieza de lodos aceitosos en tanques de almacenamiento en refinerías. El proceso forma una emulsión, la cual limpia el lodo. La solución limpiadora es una solución acuosa formada por una resina de un alquilfenol formaldehído de peso molecular de 500 a 5000, dialquileter de polietileno o glicol, y un solvente seleccionado del grupo que consiste de alcoholes $C_1$ a $C_8$, como alcohol, glicol, o glicol éter. La emulsión formada es enviada a otro recipiente, donde se le agrega un rompedor de emulsión, como una polialquilamina o sales de poliamina o aluminio. Dicha patente reivindica un aditivo emulsificante y el método de rompimiento de la emulsión.

A diferencia de lo establecido en el párrafo anterior, la presente solicitud de patente no requiere de la formación de una emulsión y su posterior rompimiento para la recuperación de hidrocarburo, lo que implica mayor número de etapas, aditivos, tiempo, costos y control de la emulsión. La invención de esta solicitud sólo requiere de hidrocarburos similares al almacenado en el tanque o, para el caso de crudos pesados, se utilizan diluyentes de refinación lo que permite recuperar el hidrocarburo al final de la etapa de fluidización.

Por otra parte, existen métodos que emplean microorganismos para el proceso de limpieza, como es el caso de la patente US 6,069,002, que describe un método para remover lodos de tanques de almacenamiento y la recuperación del hidrocarburo a partir de dichos los lodos. El método se aplica en el tanque. Primero se estudia el lodo para definir el tratamiento, luego el tratamiento consiste en agregar al tanque un sistema biológico (microorganismos) y los nutrientes requeridos para su desarrollo (agua, nitrógeno, fósforo). posteriormente, el tanque es vigorosamente agitado, tras lo cual se deja en reposo hasta la separación de las fases, luego se muestrea el tanque y se remueve el hidrocarburo, finalmente se remueve el resto del contenido del tanque.

Este tipo de método es básicamente para hidrocarburos livianos o medios, es decir con densidades superiores al agua, pero para hidrocarburos pesados (<l0° API) no aplica porque no se puede lograr una buena definición de las fases y el hidrocarburo no va a flotar, sino que se va a depositar en el fondo del tanque o en sus intermedios. Adicionalmente, los nutrientes requeridos para el desarrollo de los microorganismos pueden afectar la calidad del hidrocarburo recuperado.

Sumado a lo anterior, el empleo de microorganismos implica el control estricto de las condiciones del proceso (pH), pues estos organismos son muy sensibles a este factor. Este método incluye la adición del fluido de tratamiento a presiones de 0,02 MPa a 0,14 MPa, mientras la presente invención se realiza a bajas presiones (0,01 MPa) y no incluye la incorporación de un sistema biológico.

Por su parte, la patente US 6,142,160 revela un método y un aparato que se utiliza para la limpieza interior de tanques de crudo, donde los hidrocarburos se acumulan por sedimentación con el paso del tiempo. El aparato consiste en dos tubos concéntricos con una boquilla para inyectar fluido de lavado y producir una aspersión. El aparato tiene un sistema que permite su desplazamiento, sin embargo, tiene el inconveniente que el desplazamiento del tubo solo se puede realizar en una dirección, esto es, hacia el frente de la entrada del manhole, lo cual impide hacer un barrido total del tanque.

La patente US 6,033,901, describe un método para remover lodos de un tanque de almacenamiento de crudos y la recuperación de los hidrocarburos del lodo. El método se desarrolla dentro del tanque. El lodo es inicialmente estudiado para determinar el método de tratamiento. Una vez el tratamiento del lodo se ubica en el tanque se procede a mezclarlo y agitarlo vigorosamente. Se incluye un proceso de calentamiento y adición de hidrocarburo diluyente y/o surfactante o enzimas. Posteriormente se recuperan los hidrocarburos del tanque y luego se retira el resto del contenido del tanque, el cual puede ser filtrado. Utilizan presiones de descarga desde 0,07 MPa a 0,14 MPa.

El método anterior presenta el inconveniente de requerir altas presiones (0,07 a 0,14 MPa), que pueden afectar la integridad del tanque. Como se mencionó anteriormente, la presente invención se realiza a bajas presiones y no utiliza un sistema biológico.

La solicitud WO06/001797, describe un método para limpiar las paredes de un tanque utilizando aire a presión, el cual es inyectado al tanque mediante boquillas. También utiliza líquidos en forma de gotas tales, como agua o detergentes o desinfectantes o antihongos, los cuales son cargados por la corriente de aire. También utiliza sólidos como arena o plástico o vidrio para hacer limpieza.

El documento RU 2,150,341, describe un proceso que consiste en la instalación de un agitador en el tanque y la inyección de diluyente y vapor. Una vez la mezcla es homogenizada se bombea hacia un decantador para realizar una separación centrifuga.

La patente US 3,436,263 se relaciona con un proceso para limpieza de tanques que consiste en aplicar un liquido químico dentro de la superficie interna del tanque, dejar un tiempo de residencia para optimizar la eficiencia del producto químico y luego lavado de las paredes con agua para remover el producto químico y los depósitos contenidos en la superficie de las paredes del tanque.

Dicha patente no realiza fluidización de los lodos aceitosos, solo plantea la limpieza de las paredes del tanque, es decir, solamente se aplica después que se han retirado los lodos aceitosos del tanque.

Por su parte, la patente US 1,891,592, se relaciona con un método y un aparato para limpieza de tanques, que consiste en instalar unos aparatos dentro del tanque, antes de iniciar el proceso de limpieza, y luego, sellar el tanque y proceder a inyectar un vapor volátil no combustible (tetracloruro de carbono) o un gas, el cual actúa como un detergente sobre el hidrocarburo. También inyectan cloruro de calcio y vapor para condensar y precipitar la mezcla gaseosa y posteriormente, remover todos estos líquidos del tanque.

La referencia CA 2295723, describe un método para remover lodos de tanques y recuperar el hidrocarburo del lodo. Consiste en colocar un tratamiento para el fluido, la inyección de este tratamiento se realiza a alta presión (0,02-0,14 MPa), luego se agita vigorosamente y posteriormente, se remueven los líquidos del tanque. Incluye también calentamiento.

El documento KR 040031477 revela un aparato para remover lodos de tanques, el cual previene los depósitos de lodos en el fondo del tanque. El aparato consiste en una guía que se instala en la cima del tanque, un rodillo instalado en la guía, un panel movible, una bomba, y líneas de succión y descarga conectada a la bomba. Este aparato requiere instalar una infraestructura un poco compleja y de cuidado, y no aplica a tanques de techo fijo cónico.

Con el fin de suplir las necesidades y deficiencias de los métodos y aparatos existentes en el estado del arte, específicamente aquellos que requieren de la instalación de un infraestructura compleja, la desocupación total del tanque y una limpieza previa para la instalación de equipos; los inventores de la presente solicitud desarrollaron un método de fluidización para remover los lodos aceitosos de cualquier tipo de tanque de almacenamiento de hidrocarburo, ya sea techo fijo o techo flotante, que puede operarse tanto para tanques que almacenen hidrocarburos

pesados como para tanques que almacenen hidrocarburos livianos, o semipesados y que además, incluye la recuperación del hidrocarburo.

De esta forma, se reducen los riesgos ocupacionales asociados a este tipo de procesos, al tiempo que se permite generar ingresos por la recuperación del hidrocarburo contenido en los lodos aceitosos y se disminuyen los tiempos requeridos para la limpieza de los tanques.

RESUMEN DE LA INVENCIÓN

Se ha desarrollado un método que consta de las siguientes etapas: diagnóstico y definición del proceso detección, medición y caracterización de las borras o los lodos aceitosos, adecuación o instalación del sistema de fluidización, fluidización mediante agitación y recuperación de hidrocarburo.

En una modalidad de la invención, la etapa de adecuación o instalación comprende la variación de la dirección de los agitadores en el caso que el tanque posee estos elementos.

Si el tanque a limpiar carece de agitadores propios, se instala un un sistema de fluidización a través del manhole del tanque. Dicho sistema comprende: una tapa de manahole (1) adaptada para recibir en su lado externo un múltiple (3), que se encuentra conectado a una bomba (4), la cual toma producto del tanque y lo recircula a través del manhole. Dicho múltiple comprende tres tuberías conectadas a tras válvulas (2) independientes y se acopla a la tapa del manhole (1) por medio de bridas (5a, 5b). Por otro lado, dicha tapa del manhole (1) comprende en su lado interno, uno o más tubos de boquilla (6), preferiblemente tres tubos de boquilla, a los cuales se acoplan las boquillas (7) mediante bridas, tal como se puede ver en las Figuras 1 a 4.

El método que aquí se divulga presenta leves variaciones en algunas de sus etapas, según el tipo de tanque y el tipo de hidrocarburo que contiene. Para el caso destilados livianos, la etapa de fluidización comprende tres pasos: agitación

(usualmente por recirculación del mismo crudo en el tanque), separación y retiro del producto resultante.

Si el tanque a tratar almacena crudos livianos (> 28° API), se retira los crudos hasta el nivel mínimo permitido por las especificaciones del tanque y la etapa de fluidización comprende los pasos de adición de diluyente, agitación (usualmente por recirculación del crudo o mediante el sistema de fluidización adaptado a dicho tanque), separación y retiro del producto resultante.

Cuando se el método se aplica a tanques con crudos semipesados, entre 18°API a 28°API, se retira el producto hasta el nivel mínimo permitido por las especificaciones del tanque y la etapa de fluidización comprende los pasos del tratamiento de crudos livianos, los cuales se repiten por varios ciclos.

Finalmente, para tanques con crudos pesados (°API<18), el método se diferencia del utilizado para crudos semi-pesados en que luego del retiro del producto el tanque es abierto, en la etapa de fluidización el diluyente se mezcla con solventes y se calienta, previa incorporación al tanque que se desea tratar.

Es un objetivo de la presente invención proporcionar un método de tratamiento de lodos aceitosos sencillo y de bajo costo, que permita la remoción de dichos lodos aceitosos de cualquier tipo de tanques de almacenamiento de hidrocarburos, ya sea de techo fijo o techo flotante, con uno o varios manholes, y con capacidades desde 180 $m^3$ hasta 40000 $m^3$.

Es otro objetivo de la presente invención acondicionar un sistema de fluidización al tanque con hidrocarburos o usar los aditamentos ya existentes, como son los agitadores laterales o las líneas de recirculación.

Otro objetivo de la presente invención es proporcionar un método de remoción de lodos aceitosos en tanques de almacenamiento que contienen diferentes tipos de hidrocarburos (livianos o semipesados o pesados) y que pueda llevarse a cabo tanto

en tanques con elementos internos, como en tanques sin ningún tipo de elementos internos.

Como otro objetivo de la presente invención es proporcionar un método de remoción de lodos aceitosos depositados en tanques de almacenamiento, que permita la recuperación del hidrocarburo contenido en las lodos aceitosos, reduciendo de esta manera el pasivo ambiental que genera su disposición y generando ahorros y beneficios por la recuperación del hidrocarburo.

Es otro objetivo de la presente invención reducir los tiempos para la limpieza de los tanques y mejorar las condiciones de salud ocupacional en las cuales se realiza el método.

En la búsqueda por alcanzar estos los objetivos y efectuar la limpieza de borras o lodos aceitosos depositados en tanques de almacenamiento, el solicitante ha encontrado de manera sorprendente que el tratamiento del tanque con el mismo hidrocarburo y agitación logra mejores cumplir con los objetivos propuestos.

DESCRIPCION DE LAS FIGURAS

Figura 1. Vista frontal de la tapa del manhole, que comprende tres tuberías para las conectar, por un lado, las boquillas del sistema de fluidización y por el otro el múltiple del sistema de recirculación.

Figura 2. Vista superior del sistema de fluidización con recirculación mostrando la disposición de las boquillas adaptadas al manhole.

Figura 3. Vista lateral de la sección del tanque donde se muestra la ubicación de las boquillas de fluidización.

Figura 4. Vista superior del detalle del sistema de fluidización de la invención instalado en un manhole.

DESCRIPCION DETALLADA DE LA INVENCION

El método para la remoción de lodos aceitosos de tanques de almacenamiento de hidrocarburos, depende del tipo de tanque, la clase de hidrocarburo que almacena y el arreglo de los elementos internos que tenga cada tanque. Estos elementos internos pueden ser agitadores dinámicos y/o un sistema de recirculación con bomba. Igualmente, existen también tanques sin ningún tipo de elementos internos.

Con base en lo anterior, a continuación se define el método específico a seguir, el tipo de hidrocarburo al que aplica y si requiere realizar el proceso de prefluidización o no.

El método de la presente invención se caracteriza porque comprende las siguientes etapas:

a) diagnóstico y definición del proceso detección,
b) medición y caracterización de las borras o los lodos aceitosos,
c) adecuación o instalación del sistema de fluidización,
d) fluidización mediante agitación, y
e) recuperación de hidrocarburo.

A continuación se detalla cada uno de las etapas del proceso, precisando las sub-etapas o pasos que en ellos se realizan:

a) Diagnóstico y definición del proceso detección.

Durante la etapa a) correspondiente al diagnóstico y definición del proceso se evalúan las características del tanque, para establecer la mejor manera de realizar el proceso de fluidización y los requerimientos o no de adecuaciones o la instalación de sistemas adicionales para lograr la fluidización.

b) Medición y caracterización de las borras o los lodos aceitosos.

La etapa b), de medición y caracterización de los lodos aceitosos, comprende la caracterización de los lodos aceitosos para determinar: contenido de hidrocarburo, agua y sólidos con el fin de justificar y establecer un proceso de recuperación de hidrocarburo posterior a la fluidización y/o tratamiento de los lodos remanentes.

Adicionalmente, en dicha etapa se establece la reología de los lodos aceitosos y de las mezclas con diluyentes, para predecir la dilución y manejabilidad de la mezcla durante la fluidización. También se evalúa la densidad de los lodos aceitoso para determinar la cantidad de diluyente requerido para obtener una buena separación de fases, cuando se fluidizan hidrocarburos pesados.

Finalmente, en esta etapa se evalúa el requerimiento o no de calentamiento y/o dosificación de químico. En el caso de lodos aceitosos con contenido parafínico, se requiere determinar la temperatura y/o cantidad de aditivo necesario para dispersar los cristales y de esta forma, evitar su agregación y posterior precipitación.

c) Adecuación o instalación del sistema de fluidización.

Cuando los tanques poseen sistemas de agitación instalados en su interior, la etapa de adecuación del sistema de fluidización consiste en ajustar de los agitadores ya existentes para que, en lugar de permanecer en una dirección fija como usualmente está previsto para tanques de almacenamiento de hidrocarburo, estos cambien periódicamente de orientación de modo que se cubra la mayor cantidad del área transversal del tanque.

Si el tanque a limpiar carece de agitadores propios, se instala un sistema de fluidización a través del manhole del tanque. Dicho sistema comprende: una tapa de manahole (1) adaptada para recibir en su lado externo un múltiple (3), que se encuentra conectado a una bomba (4), la cual toma producto del tanque y lo recircula a través del manhole. Dicho múltiple comprende tres tuberías conectadas a tras válvulas (2) independientes y se acopla a la tapa del manhole (1) por medio de

bridas (5a, 5b). Por otro lado, dicha tapa del manhole (1) comprende en su lado interno, uno o más tubos de boquilla (6), preferiblemente tres tubos de boquilla, a los cuales se acoplan las boquillas (7) mediante bridas, tal como se puede ver en las Figuras 1 a 4.

Los pasos a seguir para adecuar el tanque con el sistema de fluidización son los siguientes: extraer el hidrocarburo del tanque, hasta un nivel por debajo del manhole. Retirar la tapa del manhole y reemplazar dicha tapa con una debidamente modificada para recibir tanto el múltiple (3) como las boquillas (6).

Instalar la línea de succión (7) con válvula (8) para que salga de la línea de despacho o recibo del tanque, hacia la bomba de recirculación (4) para tomar el producto. Instalar la bomba portátil diesel de recirculación (4), que preferiblemente tiene una capacidad de 2,27 $m^3$/minuto a 4,54 $m^3$/minuto (600 GPM y 1200 GPM) y presión de descarga mínimo de 1,38 MPa (200 Psi). Instalar la línea desde la descarga de la bomba portátil de recirculación (4) hacia el múltiple (3) de recirculación en los manholes del tanque. Por último instalar las tapas modificadas (1) en cada manhole con el sistema de fluidización para llevar a cabo la fluidización de los lodos aceitosos contenidos en el tanque, ver figuras 2 y 4. Para tanques con capacidad superior a 11.924 $m^3$ (100 KBLS) se deben instalar sistemas de fluidización en todos los manholes.

Para la operación del sistema de fluidización descrito en los párrafos anteriores, las boquillas acondicionadas en el manhole del tanque son ubicadas a tres ángulos diferentes, para generar patrones de flujo que permitirán fluidizar los lodos aceitosos, tal como se observa en la Figura 2. Las Figuras 3 y 4 muestran la vista lateral del sistema de fluidización en el tanque y la vista frontal del manhole modificado respectivamente. En una modalidad preferida de la invención, se instalan estos sistemas de fluidización en todos los manholes, con el fin de asegurar la fluidización en toda el área del tanque.

d) Fluidización.

La etapa de fluidización comprende a su vez tres pasos principales, agitación, separación y retiro del producto resultante. Dependiendo del tanque a tratar y la clase de hidrocarburo almacenado en él, esta etapa puede incluir pasos adicionales para lograr la remoción total de los lodos aceitosos. A continuación se exponen los diferentes pasos de la etapa de fluidización, dependiendo de la clase de hidrocarburo almacenado en el tanque:

Para el caso de tratamiento de lodos aceitosos de destilados livianos, la etapa de fluidización c) comprende los tres pasos básicos, mencionados anteriormente, y con ellos se logra la disminución y en algunos tanques, la remoción total de los lodos aceitosos.

Cuando el tanque a tratar almacena crudos livianos (> 28°API), se retiran los hidrocarburos del tanque, hasta el nivel mínimo permitido por las especificaciones del tanque, se adiciona diluyente al tanque y se efectúan los pasos de agitación, separación y retiro del producto resultante.

La etapa de fluidización cuando los lodos acetosos provienen de crudos semipesados, entre 18 °API a 28°API, comprende los mismos pasos de la etapa de fluidización del tratamiento de crudos livianos y repite la totalidad de la secuencia de pasos una o más veces, dependiendo de la composición de los lodos aceitados.

Finalmente, para tanques con crudos pesados (°API<18), la fluidización se diferencia de la utilizada para crudos semi-pesados en que se realiza con el tanque abierto y el diluyente se mezcla con solventes y se calienta antes de su incorporación al tanque que se desea tratar.

El diluyente utilizado para el tratamiento de lodos aceitosos derivados de crudos livianos y medios es el mismo crudo almacenado en el tanque; para crudos pesados o productos pesados, como el combustóleo, el diluyente será el hidrocarburo liviano que se disponga en el área, preferiblemente mezclado con Aceite Liviano de Ciclo

(ALC) u otros diluyentes aromáticos. Si se tienen lodos aceitosos parafínicos, se utiliza una mezcla de aditivos dispersantes de parafinas y asfáltenos proveniente de productos de refinería, los cuales son agregados en cantidades de 100 a 800 ppm.

Para determinar la cantidad de diluyente se requiere la realización de pruebas de laboratorio con muestra del lodo aceitoso almacenado y diferentes tipos y relaciones de solvente. Ensayos realizados con diferentes tipos de lodos aceitosos y diluyentes permitieron establecer que la cantidad mínima para la fluidización, es decir para que el lodo aceitoso quede disperso o diluido, está en la relación 1:0,5 a 2 borra: diluyente.

La cantidad de diluyente para realizar el proceso a escala industrial se describe a continuación: Para tanques sin agitador pero utilizando el sistema de boquillas de fluidización (hidrocarburos livianos y medios) se requieren entre 1,0 metros y 1,2 metros de altura, para formar adecuadamente los patrones de flujo generados por las boquillas.

Para tanques con hidrocarburos pesados, sin agitador, que se fluidizan con manhole abierto (tanque abierto), el volumen requerido es el necesario para obtener un producto recuperado con un API mayor de 15, se estima se debe alcanzar una relación mínima entre 1:1,5 a 1:2 entre la cantidad de lodo aceitoso y solvente.

Teniendo como base la información anterior sobre las diferencias en las sub-etapas de la etapa de fluidización dependiendo de los hidrocarburos almacenados en el tanque a limpiar, se plantean las modalidades preferidas de la invención, en las cuales también se tiene en cuenta la presencia o no de agitadores o recirculación con bomba.

**Etapa de fluidización para tanques con agitadores o recirculación con bomba.**

En una modalidad del método de la invención, para tanques que ya tienen agitador mecánico la etapa de fluidización comprende la agitación periódica cambiando con determinada frecuencia la dirección de los agitadores. Si dicho tanque contiene

destilados livianos, es posible que la agitación del tanque modificando las direcciones de agitación logre la eliminación total de los lodos aceitosos.

Para hidrocarburos livianos y medios (°API>18) almacenados en tanques con agitadores mecánicos, la agitación periódica en diferentes direcciones constituye una primera parte de la fluidización que se ha denominado prefluidización. Ésta se puede llevar a cabo con cualquier nivel de crudo en el tanque, hasta el mínimo que permita la utilización de los agitadores mecánicos. Si se tienen lodos aceitosos parafínicos, se utiliza además del diluyente una mezcla de aditivos dispersantes de parafinas y asfáltenos proveniente de productos de refinería, en una cantidad de 100 ppm y 800 ppm.

De manera preferida, cuando el tanque ya tiene agitadores, la etapa de fluidización consiste de los siguientes pasos: agitar el tanque permanentemente por 90 horas utilizando los agitadores laterales y variando el ángulo de mezclado cada 10 horas, por lo menos tres veces antes de sacarlo a mantenimiento, combinar los cambios de ángulo con intervalos de llenado y vaciado del tanque.

Posteriormente, se deja el tanque en reposo por un periodo entre 5 horas y 24 horas, luego se drena el agua libre y se desocupa el tanque hasta nivel mínimo. Durante este proceso se realiza seguimiento a la calidad del crudo bombeado (Gravedad API y BS&W). Se abre el manhole, se inspecciona el tanque y se termina de extraer el hidrocarburo utilizando una bomba auxiliar. Si quedan lodos aceitosos remanentes estos se fluidizarán con lavado emulsionado.

Para el tratamiento de los lodos aceitosos remanentes, se caracterizan los mismos, se añade aditivo dispersante de carácter aniónico, preferiblemente una solución acuosa constituido por una base fuerte, un acido débil y polímero, sobre los lodos aceitosos, se agrega y recircula agua a presión, para lograr la fluidización de los lodos aceitosos.

Se instala una bomba para enviar los lodos aceitosos fluidizados hacia el tanque destinado para la separación del hidrocarburo y el agua.

Se entrega el tanque para limpieza de piso y paredes como se tenga estipulado, y se deja el tanque de separación en reposo por 24 horas para separar el hidrocarburo por decantación, se drena el agua del tanque, se trata con métodos fisicoquímicos conocidos y se controla su calidad. Se recircular y caracteriza el hidrocarburo remanente para determinar y ajustar su calidad.

**Etapa de fluidización para tanques sin agitadores ni recirculación con bomba.**

En otra alternativa de la invención, el método se realiza en tanques sin agitador y sin recirculación con bomba, a los cuales se les ha adaptado el sistema de fluidización representado en las figuras 1 a 4. En estos casos, para la fluidización de los lodos aceitosos producidos por hidrocarburos livianos y medios (API > 18), el proceso se realiza con tanque cerrado.

Para fluidizar los lodos aceitosos producidos por hidrocarburos pesados (API<18,) en tanques con el sistema de fluidización antes mencionado, la fluidización se debe realizar en tanque abierto, utilizando diluyentes provenientes de mezclas de corrientes de refinería y aplicar calor al diluyente antes de incorporarlo al tanque.

**Fluidización con tanque cerrado sin agitador y con recirculación con bomba**

Una vez listos e instalados el sistema de fluidización se inicia el proceso para la fluidización de los lodos aceitosos con las siguientes etapas: conectar la tapa del manhole (1) que ya tiene el múltiple de fluidización (3) con la bomba portátil (4) y el sistema de recirculación, ver Figura 2. Llenar el tanque con diluyente, hasta alcanzar una altura de 1,2 metros a 2,0 metros, preferiblemente de 1.5 metros, si es tanque cónico o de1,8 a 2,3 metros, preferiblemente de 2 metros si es de techo flotante.

Si el tiempo de servicio del tanque es menor de tres años, iniciar la recirculación durante 72 horas alternando la dirección de las boquillas de recirculación. Cada 24 horas se cambia la dirección de cada par de boquillas.

Si el tiempo de servicio del tanque es mayor a tres años, iniciar la recirculación durante 24 horas por cada boquilla independientemente, en cada uno de los cuatro manholes. Esta operación se debe repetir durante un mes antes de salir de servicio. Tomar las muestras y evaluar la variación de densidad a diferentes intervalos de tiempo de fluidización, si la densidad esta en el valor limite aprobado (se sugiere 15 °API) se termina el proceso, de lo contrario se continua con la recirculación.

e) Recuperación de hidrocarburo.

Terminado el proceso de fluidización, se deja decantar el producto del tanque al menos por tres horas. Se retira el producto del tanque hasta que la bomba de transferencia pierda succión.

Terminados los ciclos de fluidización se procede a: abrir manhole (S), realizar venteo hasta obtener niveles permisibles de vapores orgánicos y entrar al tanque. En el primer ingreso al tanque se monitorear internamente y de manera completa la atmósfera del recipiente; se deben tomar muestras para asegurar que no exista presencia de bolsas de gas. De acuerdo con los valores de % LEL (mínimo nivel explosivo) (<10%), el porcentaje de oxígeno (19,5% - 23,5% ) y el porcentaje de azufre (10 ppm máximo) obtenido en esta primera entrada, se procede con el ingreso del personal al tanque para la inspección de lodos aceitosos o se continúa con la desgasificación del tanque.

Tomar muestras de los lodos aceitosos remanentes y si se encuentran lodos aceitosos, estos se pueden fluidizar dispersándolas en agua con la ayuda de aditivos y retirarse totalmente. Para ello, se debe adicionar agua hasta un nivel superior a la parte inferior del manhole, con el objeto de facilitar la evacuación del hidrocarburo sobrenadante y dejar el tanque solo con agua y el lodo aceitoso remanente. Adicionar el aditivo dispersante de carácter aniónico. Se reiniciará el proceso de recirculación con una boquilla movible y la misma bomba de fluidización o instalando una bomba en el foso o sumidero del tanque. Este proceso se realiza hasta fluidizar todo el tanque, proceso que puede tardar entre 6 horas y 10 horas. Luego se deja decantar, se retira el hidrocarburo sobrenadante. Se drena el agua del tanque hacia

la planta de tratamiento de aguas residuales. Finalmente, se entrega tanque para limpieza de piso y paredes con aserrín o como se tenga estipulado.

**Método con tanque abierto sin agitador y con recirculación con bomba**

En una modalidad alternativa, el método específico a seguir para la fluidización de los lodos aceitosos de hidrocarburo con tanque abierto consiste en recircular el diluyente en el tanque mediante dos o más boquillas ubicadas en el piso del mismo, la posición de dichas boquilla cambiaran en la medida que evolucione el proceso de la fluidización del hidrocarburo pesado. Luego, se extraen los hidrocarburos del tanque, se retiran los fluidos al sistema de tratamiento o al tanque de relevo, se deja decantar el agua y entonces se drena, la limpieza del tanque se finalizará de la forma tradicional.

Para el tratamiento de este tipo de tanques, el sistema de fluidización consiste de al menos dos bombas diesel, que succionan por el manhole el hidrocarburo sobrenadante (diluyente + lodos aceitosos fluidizados) y lo recirculan al mismo tanque por medio de boquillas, formando los patrones de flujo requeridos para ir fluidizando los lodos aceitosos. Las mencionadas bombas son autocebantes, brindan flujo continuo a un caudal mayor de 1,14 $m^3$ por minuto (300 gpm) y 1,38 MPa de descarga. Las boquillas son eductores montados en patines de bronce que permiten su movilización manual en el fondo del tanque.

En este caso, para la adecuación del sistema de fluidización se deben realizar las siguientes actividades: disminuir el nivel de tanque hasta mínimo volumen, abrir el manhole del tanque, tomar la muestra y caracterizarla, luego se instala al menos una bomba de recirculación con capacidad entre 1,14 $m^3$ a 2,27 $m^3$ por minuto (300 GPM y 600 GPM) y presión de descarga mayor de 1,38 MPa. Entonces, se instalan las mangueras desde bomba de recirculación hacia el centro del tanque y hacia el lado izquierdo y se instalan las boquillas. El tanque debe permanecer con las instalaciones a tierra.

Una vez listos e instalados el sistema de fluidización, en este caso con recirculación, se inicia el proceso para la fluidización de los lodos aceitosos que comprende los pasos de cerrar y colocar ciego a la válvula que comunica la línea de despacho del tanque con las bombas de despacho. Se deben tener los aditamentos para la descarga y /o recibo del carrotanque de diluyente y/o línea hacia el tanque cerca de la succión de la bomba de recirculación. Realizar la prueba de gas al interior del tanque y ventear, si se requiere, hasta obtener niveles permisibles. Iniciar la recirculación succionando con la bomba a través de las boquillas instaladas desde el centro hacia la succión del tanque y de la bomba hacia el lado izquierdo. Recircular al menos por 2 horas, detener el proceso para chequear fluidez, si se puede caminar sin inconvenientes y el piso se nota limpio al frente de las boquillas se procede a cambiar las boquillas hacia puntos más viscosos y reiniciar recirculación.

Efectuar esta operación hasta fluidez total. Tomar muestras en la recirculación y evaluar la variación BS&W a diferentes intervalos de tiempo. Realizar prueba de gas al interior del tanque y ventear, si se requiere, hasta obtener niveles permisibles de vapores orgánicos. Una vez concluida la etapa de fluidización se inicia el proceso de decantación. Tomar muestras a diferentes alturas del tanque fluidizado con el fin de determinar el volumen de hidrocarburo a dosificar. El hidrocarburo recuperado se inyectará al tanque seleccionado y se controlaran los parámetros dispuestos para esta operación. Realizar venteo hasta obtener niveles permisibles de vapores orgánicos y entrar al tanque para cuantificar el lodo remanente.

El tratamiento del lodo remanente comprende la caracterización del lodo aceitoso remanente, seguida de la adición de aditivo dispersante de carácter aniónico de carácter aniónico sobre las lodos aceitosos. Entonces añadir y recircular el agua a presión utilizando boquillas hasta fluidización de los lodos aceitosos. Instalar la bomba de envío de lodos aceitosos fluidizadas en dique del tanque. Bombear los lodos aceitosos fluidizados hacia el tanque destinado para este tratamiento Y entregar el tanque para limpieza de piso y paredes como se tenga estipulado.

Dejar el tanque que almacena el remanente en reposo por 24 horas para separar el hidrocarburo por decantación. Drenar agua del tanque y tratarla con métodos

fisicoquímicos y controlar su calidad. Recircular y caracterizar el hidrocarburo remanente para determinar y ajustar su calidad.

A continuación se presentan unos ejemplos que ilustran algunas de las modalidades preferidas de la invención. Debe entenderse que tales ejemplos no son de carácter limitante y el técnico con habilidad en la materia puede llevar a cabo modificaciones que no están contempladas en ellos, sin que las mismas se alejen del alcance de la presente invención.

EJEMPLO 1

Se realizó un método de limpieza de los lodos aceitosos de un tanque que almacenaba diesel (API > 35°), con una capacidad de almacenamiento de 1156,27 $m^3$ (10000 barriles y tenía techo cónico). Se instaló el sistema de fluidización para la recirculación de las lodos aceitosos a través del manhole, según se describe en las figuras 1 a 4. Se fluidizó y bombeo el lodo aceitoso fuera del tanque, se dejo decantar para recuperar el hidrocarburo.

El contenido inicial de hidrocarburo en el lodo aceitoso era de 25%, lográndose recuperar el 84%. El hidrocarburo recuperado quedo con un BS&W de 0.5%. La metodología llevada a cabo permitió disminuir el volumen de lodo aceitoso a tratar, y los lodos aceitosos residuales que se envíaron al proceso de biodegradación tenían un contenido de hidrocarburo de 5%. Este contenido de hidrocarburo permite la aplicación del proceso de biodegradación sin necesidad de diluir el lodo aceitoso residual con tierra.

EJEMPLO 2

Un segundo método se llevó para remover y tratar los lodos aceitosos de un tanque de 5781,35 $m^3$ (50000 barriles) con techo cónico que almacenaba diesel (API > 35°). Contenía 660,81 m3 (5715 barriles) de lodos aceitosos. El contenido de hidrocarburo en los lodos aceitosos era del 53%.

Se instaló el sistema de fluidización para la recirculación de las lodos aceitosos a través del manhole, según se describe en las figuras 1 a 4, se recirculó y bombeo el lodo aceitoso por fuera del tanque y se dejo decantar para recuperar el hidrocarburo.

La metodología llevada a cabo permitió recuperar el 98% del diesel presente en las lodos aceitosos iníciales. La borra residual fue de 5,32 $m^3$ (46 barriles) con un contenido de hidrocarburo del 15%.

EJEMPLO 3

Se realizó el método de limpieza de tanque de almacenamiento de crudo con capacidad de almacenamiento de 28906,77 $m^3$ (250000 barriles), El tanque tratado es de techo flotante, almacenaba crudo de 26° API, tiene 61 m de diámetro, 12,8 m de altura, tres agitadores laterales escualizables y 4 manholes laterales, 3 de ellos ubicados a 48 cms del piso y uno a ras de piso. El tanque llevaba 5 años sin mantenimiento.

El método de limpieza se realizó de la siguiente manera:

Se dreno el agua contenida en el tanque. Se muestreo y cuantificó el lodo aceitoso a través del techo del tanque, para realizar esto se retiraron algunos de los soportes que sostienen el techo cuando está en posición de mantenimiento, y se introdujo por la guía del soporte un sistema muestreador que permitió succionar muestra de lodos aceitosos.

Se calculo el contenido de lodos aceitosos en 1156,27 $m^3$ (10000 barriles), entonces se agregaron 0,93 $m^3$ (8 barriles) de diluyente tipo hidrocarburo - aromático (preferiblemente ALC) y crudo hasta tener en el tanque 5203,22 $m^3$ (45000 barriles) de líquido. Se inició agitación del tanque utilizando los agitadores laterales en posición 30° hacia la derecha. Después de aproximadamente 24 horas de agitación se apagaron los agitadores y se realizó muestreo de seguimiento, con el fin de determinar el efecto del diluyente y los agitadores en la homogeneización y

fluidización de los lodos aceitosos. Los resultados del muestreo indicaron disminución del contenido de lodos aceitosos. A las muestras se les analizaba contenido de BS&W y viscosidad.

Se varió la posición de agitadores ubicándolos hacia el frente y se reinicio agitación del tanque. Después de 24 horas de agitación se apagaron los agitadores y se realizó muestreo de seguimiento. Se evidencio disminución del contenido de las lodos aceitosos. Se vario la posición de agitadores ubicándolos 30° hacia la izquierda. Después de aproximadamente 24 horas de agitación se apagaron los agitadores y se realizó muestreo de seguimiento. Se bajo nivel del tanque drenándolo 3468,81 $m^3$ (30000 Bls) de crudo hacia otro tanque.

Se añadieron 4625,08 $m^3$ (40000 Bls) de crudo nuevo al tanque, hasta obtener un nivel de 3 metros equivalentes a 6359,49 $m^3$ (55000 Bls). Esta operación se realizó con los agitadores encendidos, luego se dejo el tanque en reposo por aproximadamente 24 horas.

Se bombearon cerca de 4393,83 $m^3$ (38000 Bls) desde el tanque hacia otro tanque. Se añadió agua por el drenaje del tanque, aproximadamente 809,39 $m^3$ (7000 Bls), con el fin de hacer sobrenadar el crudo y poder bombear la mayor cantidad de hidrocarburo hacia el otro tanque.

Se continúo bombeando el crudo hasta que las bombas de transferencia perdieron succión, el tanque tenía una altura de 86 cm de líquido equivalentes a 1850,03 $m^3$ (16000 Bls).

Como a esa altura de líquido el tanque no permitía que se abrieran los manholes para ubicar la bomba de trasiego hacia el tanque de relevo se procedió a drenar el agua inyectada. Una vez la altura del líquido en el tanque fue inferior a 40 cm se abrieron manholes, se instaló bomba y se continuo enviando el hidrocarburo hacia el tanque de relevo.

Se realizó venteo hasta que se obtuvieron niveles permisibles de vapores orgánicos y se procedió a entrar al tanque, utilizando el equipo de aire auto contenido, para cuantificar los lodos aceitosos remanentes.

Se encontró presencia de lodos aceitosos hacia la parte central del tanque, se caracterizaron y se procedió a fluidizar los lodos aceitosos remanentes añadiendo aditivo dispersante de carácter aniónico 0,48 $m^3$ (110 galones) y agua a presión a través de las boquillas fluidizadoras. Este proceso duro aproximadamente 3 horas.

Se inicio bombeo de los lodos aceitosos fluidizados y el agua hacia el tanque de relevo. Para esto se utilizó una bomba que se instaló a través de uno de los manholes. Se terminó el proceso sin presencia de lodos aceitosos en el tanque.

Los muestreos de seguimiento comprobaron el efecto del diluyente y el mezclado en la homogenización de los lodos aceitosos. El proceso empleado para fluidizar las lodos aceitosos fue exitoso y permitió recuperar el 96% del hidrocarburo presente en las lodos aceitosos.

Una vez drenada el agua que se envió al tanque de relevo este quedo en las especificaciones de limpieza determinadas. El tiempo de homogenización de los lodos aceitosos fue de 72 horas. El tiempo total de limpieza del tanque fue de 48 horas. En este tiempo esta contabilizado desde la apertura de los manholes hasta la entrega del tanque para barrido con aserrín. Además la reducción de los tiempos de operación, el método de limpieza de tanques que aquí se reivindica permitió generar ingresos por la venta de los hidrocarburos recuperados y no solo gastos, como usualmente ocurre cuando se limpian los lodos aceitosos de los tanques de almacenamiento.

De los ejemplos arriba citados se tiene que la recuperación del hidrocarburo presente en los lodos aceitosos es superior al 84%. También es importante señalar que mediante este método existe un ahorro adiciona en recursos y tiempo debido a por la utilización de procesos de biodegradación de lodos aceitosos.

# REIVINDICACIONES

1. Un método para la remoción de lodos aceitosos de tanques de almacenamiento de hidrocarburos, caracterizado porque comprende las siguientes etapas:

   a) diagnóstico y definición del proceso detección,
   b) medición y caracterización de las borras o los lodos aceitosos,
   c) adecuación o instalación del sistema de fluidización,
   d) fluidización mediante agitación, y
   e) recuperación de hidrocarburo.

2. El método de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque en la etapa a) de diagnóstico y definición del proceso detección se evalúan las características del tanque, para establecer la mejor manera de realizar el proceso de fluidización y los requerimientos o no de adecuaciones o la instalación de sistemas adicionales para lograr la fluidización.

3. El método de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque en la etapa b) de medición y caracterización de los lodos aceitosos comprende la caracterización de los lodos aceitosos para determinar: contenido de hidrocarburo, agua y sólidos con el fin de establecer un proceso de recuperación de hidrocarburo posterior a la fluidización y/o tratamiento de los lodos remanentes.

4. El método de acuerdo con la reivindicación 3, caracterizado porque en la etapa b) de medición y caracterización de los lodos aceitosos se evalúa el requerimiento o no de calentamiento y/o dosificación de químico.

5. El método de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque en la etapa c) de adecuación o instalación del sistema de fluidización consiste en establecer el sistema de fluidización más adecuado según las características del tanque determinadas en el paso a).

6. El método de acuerdo con la reivindicación 5, caracterizado porque si en la etapa a) se establece la presencia de agitadores mecánicos dentro del tanque, en la etapa c) se ajustan dichos agitadores mecánicos variando periódicamente el ángulo de los mismos.

7. El método de acuerdo con la reivindicación 6, caracterizado porque los agitadores mecánicos se ajustan de tal manera que se generan corrientes de barrido con diferentes ángulos.

8. El método de acuerdo con la reivindicación 5, caracterizado porque si en la etapa a) se establece la necesidad de un sistema de fluidización, en la etapa c) se monta dicho sistema en al menos uno de los manholes del tanque.

9. El método de acuerdo con la reivindicación 8, caracterizado porque el sistema de inyección con recirculación se instala en todos los manholes del tanque.

10. El método de acuerdo con la reivindicación 9, caracterizado porque para tanques con capacidad superior a 11.924 $m^3$ (100KBLS) se deben instalar sistemas de fluidización en todos los manholes.

11. El método de acuerdo con la reivindicación 8, caracterizado porque el sistema de fluidización comprende: una tapa de manahole (1) adaptada para recibir en su lado externo un múltiple (3), que se encuentra conectado a una bomba (4), la cual toma producto del tanque y lo recircula a través del manhole. Dicho múltiple comprende tres tuberías conectadas a tras válvulas (2) independientes y se acopla a la tapa del manhole (1) por medio de bridas (5a, 5b). Además, dicha tapa del manhole (1) contiene en su lado interno, uno o más tubos de boquilla (6), a los cuales se acoplan las boquillas (7) mediante bridas.

12. El método de acuerdo con la reivindicación 11, caracterizado porque consiste en instalar una línea de succión (7) con válvula (8), que sale de la línea de despacho o recibo del tanque, hacia la bomba de recirculación (4) conecta con el múltiple (3).

13. El método de acuerdo con la reivindicación 12, caracterizado porque la bomba de recirculación (4) tiene una capacidad de 2,27 a 4,54 $m^3$/minuto (600 y 1200 GPM) y una presión de descarga mínimo de 1,38 MPa (200 Psi).

14. El método de acuerdo con la reivindicación 11, caracterizado porque comprende 3 tubos de boquillas.

15. El método de acuerdo con la reivindicación 5, caracterizado porque el sistema de fluidización comprende una bomba (4) y dos tubos flexibles para la recirculación del contenido del tanque.

16. El método de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque el paso d) de la fluidización comprende agitación mecánica o hidráulica.

17. El método de acuerdo con la reivindicación 16, caracterizado porque en el caso que el tanque no tenga agitadores mecánicos, el método reivindicado incluye un paso preparación que consiste en extraer el hidrocarburo del tanque hasta un nivel por debajo del manhole y retirar la tapa del manhole.

18. El método de acuerdo con la reivindicación 17, caracterizado porque comprende opcionalmente reemplazar dicha tapa (1) con una debidamente modificada para recibir tanto el múltiple (3) como las boquillas (6).

19. El método de acuerdo con la reivindicación 16, caracterizado porque para el tratamiento de lodos aceitosos de destilados livianos, la etapa de fluidización c) comprende únicamente agitación.

20. El método de acuerdo con la reivindicación 19, caracterizado porque para el paso de agitación se realiza con agitadores mecánicos o con un sistema de recirculación que consiste de una bomba y dos tubos flexibles.

21. El método de acuerdo con la reivindicación 16, caracterizado porque para el tratamiento de lodos aceitosos de crudos livianos (> 35° API), se retiran los hidrocarburos del tanque, hasta el nivel mínimo permitido por las especificaciones del tanque, se adiciona diluyente al tanque y se efectúan la agitación.

22. El método de acuerdo con la reivindicación 21, caracterizado porque para el paso de agitación se realiza con agitadores mecánicos, con un sistema de recirculación que consiste de una bomba y dos tubos flexibles o con el sistema de fluidización definido en la reivindicación 11.

23. El método de acuerdo con la reivindicación 16, caracterizado porque para el tratamiento de lodos aceitosos de crudos semipesados, entre 18 a 28°API, comprende los pasos de la etapa de fluidización del tratamiento de crudos livianos y repite la totalidad de la secuencia de pasos una o más veces, dependiendo de la composición de los lodos aceitados.

24. El método de acuerdo con la reivindicación 23, caracterizado porque para el paso de agitación se realiza con agitadores mecánicos o con el sistema de fluidización definido en la reivindicación 11.

25. El método de acuerdo con la reivindicación 23, caracterizado porque opcionalmente, se realiza un proceso de prefluidización en el cual los agitadores mecánicos generan corrientes en diferentes direcciones lo cual facilita la fluidización posterior de los lodos aceitosos.

26. El método de acuerdo con la reivindicación 23, caracterizado porque para el paso de agitación se realiza con agitadores mecánicos o con el sistema de fluidización definido en la reivindicación 11.

27. El método de acuerdo con las reivindicaciones 23 a 26, caracterizado porque el diluyente utilizado es el mismo fluido almacenado en el tanque

28. El método de acuerdo con la reivindicación 16, caracterizado porque para el tratamiento de lodos aceitosos de crudos pesados (°API<18), la fluidización se realiza con el tanque abierto y se adiciona diluyente mezclado con solventes.

29. El método de acuerdo con la reivindicación 28, caracterizado porque los solventes se calienta antes de su incorporación al tanque que se desea tratar y el diluyente se recircula el sistema de fluidización definido en la reivindicación 15.

30. El método de acuerdo con las reivindicaciones 28 y 29, caracterizado porque el diluyente utilizado, será el hidrocarburo liviano que se disponga en el área, preferiblemente mezclado con Aceite Liviano de Ciclo (ALC) con otros diluyentes aromáticos.

31. El método de acuerdo con las reivindicaciones 28 y 30, caracterizado porque si los lodos aceitosos comprenden compuestos parafínicos, se utiliza una mezcla de aditivos dispersantes de parafinas y asfáltenos proveniente de productos de refinería, los cuales son agregados en cantidades de 100 a 800 ppm.

32. El método de acuerdo con la reivindicación 16, caracterizado porque la cantidad mínima de diluyente para la fluidización está en la relación de 1:1 a 1:5 de lodos aceitosos a diluyentes.

33. El método de acuerdo con las reivindicaciones 16 a 32, caracterizado porque la etapa de separación comprende etapas de filtración y decantación.

34. El método de acuerdo con la reivindicación 33, caracterizado porque la decantación se realiza en un tanque independiente del tanque en el cual se realiza la limpieza de lodos aceitosos.

35. El método de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque el paso e) de recuperación de hidrocarburo comprende un paso de separación que consiste en dejar el tanque en reposo por un periodo entre 5 y 24 horas, para separar el agua libre presente en los lodos aceitosos y se desocupa el tanque hasta nivel mínimo.

36. El método de acuerdo con la reivindicación 35, caracterizado porque el hidrocarburo sin agua es tratado con métodos fisicoquímicos conocidos, para finalmente recircularlo a la planta de refinación.

37. El método de acuerdo con la reivindicación 35, caracterizado porque los lodos aceitosos remanentes son tratados con un aditivo dispersante de carácter aniónico, añadiendo agua y recirculándola a presión utilizando boquillas hasta fluidización de los lodos aceitosos remanentes, adicionalmente, se separa el agua por decantación y se drena para su tratamiento posterior.

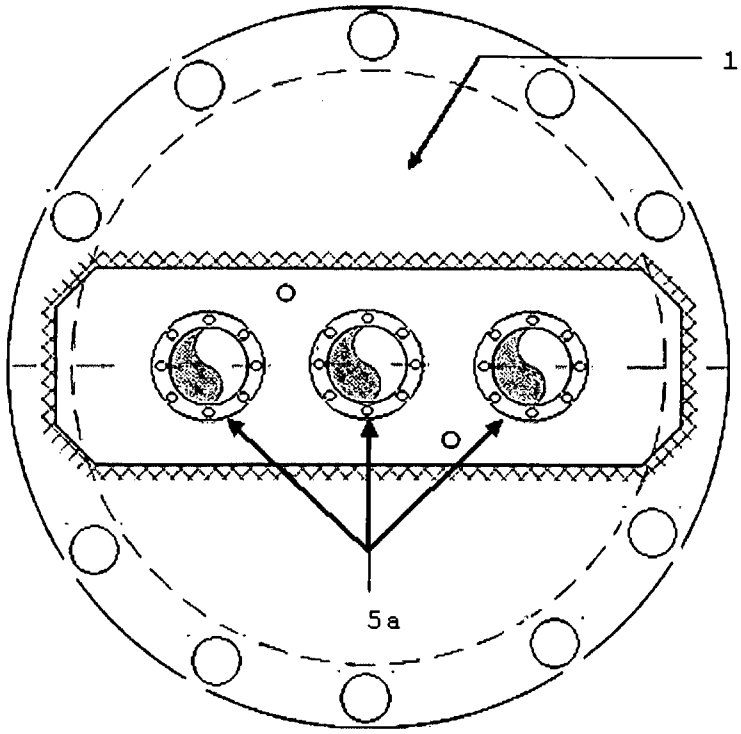


FIGURA 1

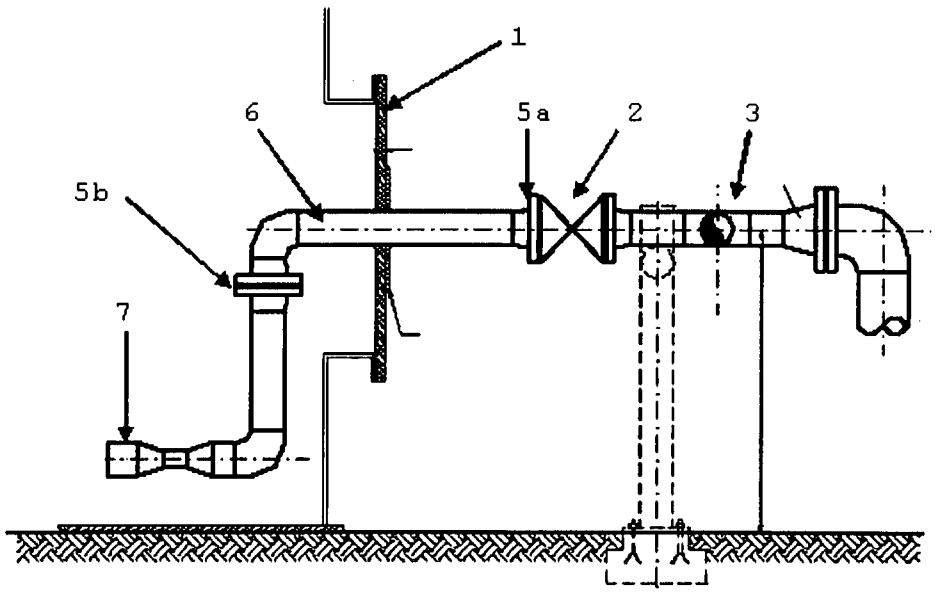


FIGURA 2

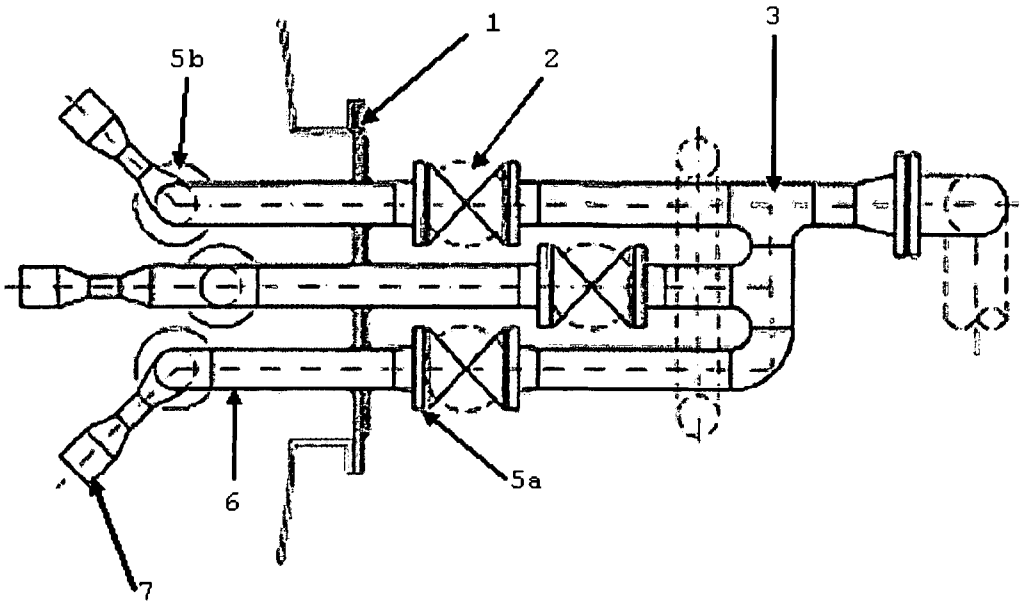


FIGURA 3

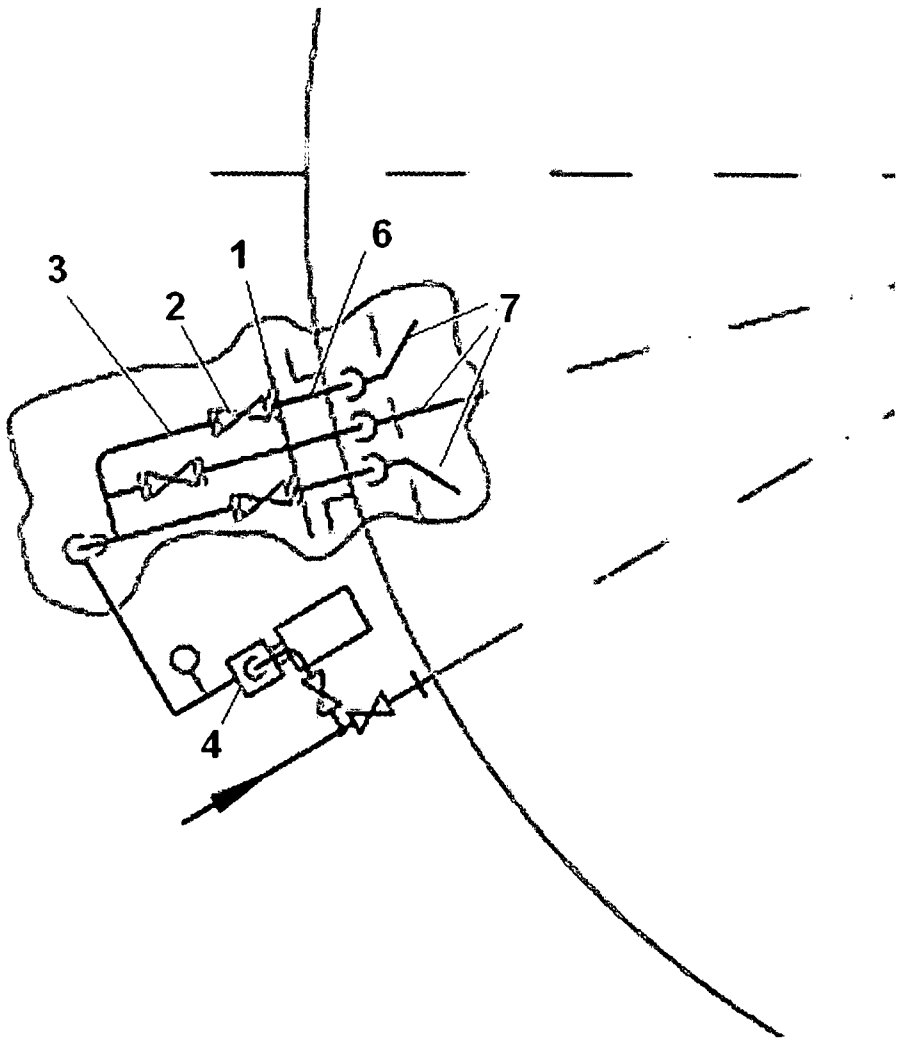


FIGURA 4

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/ IB 2008/003609

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

see extra sheet
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
B08B, C10G

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

INVENES,EPODOC

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|---|---|---|
| X | US 2005161372 A1 (COLIC et al.) 28.07.2005, the whole document. | 1-37 |
| X | GB 2283023 A (PETROLEO BRASILEIRO SA) 26.04.1995, the whole document. | 1-37 |
| X | WO 9318864 A1 (INT TANKCLEANING SYSTEMS APS) 30.09.1993, the whole document. | 1-37 |
| A | JP 11188328 A (TAIHO IND CO) 13.07.1999, figures. | 7-26 |
| A | JP 9164376 A (TAIHO IND CO) 24.06.1997, figures. | 7-26 |
| A | US 6371137 B1 (HEATH et al.) 16.04.2002, figures. | 7-26 |

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance.
"E" earlier document but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure use, exhibition, or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other documents , such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

| Date of the actual completion of the international search | Date of mailing of the international search report |
|---|---|
| 24 April 2009 (24.04.2009) | **(30/04/2009)** |
| Name and mailing address of the ISA/ O.E.P.M.<br>Paseo de la Castellana, 75 28071 Madrid, España.<br>Facsimile No. 34 91 3495304 | Authorized officer<br>D. Herrera Alados<br>Telephone No. +34 91 349 34 12 |

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 2008)

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No.
PCT/ IB 2008/003609

| Patent document cited in the search report | Publication date | Patent family member(s) | Publication date |
|---|---|---|---|
| US 2005161372 A | 28.07.2005 | WO 2005071042 A | 04.08.2005 |
| | | | 04.08.2005 |
| | | | 04.08.2005 |
| US 6371137 B | 16.04.2002 | CA 2298920 AC | 02.06.2001 |
| | | EP 1106269 A | 13.06.2001 |
| | | EP 20000301180 | 16.02.2000 |
| | | | 16.02.2000 |
| | | | 16.02.2000 |
| GB 2283023 A B | 26.04.1995 | NONE | ---------- |
| WO 9318864 A | 30.09.1993 | AU 3888493 A | 21.10.1993 |
| | | NO 943467 A | 16.09.1994 |
| | | NO 300762 B | 21.07.1997 |
| | | EP 0634958 AB | 25.01.1995 |
| | | EP 19930907816 | 16.03.1993 |
| | | JP 7507003 T | 03.08.1995 |
| | | US 5591272 A | 07.01.1997 |
| | | AT 159435 T | 15.11.1997 |
| | | ES 2108270 T | 16.12.1997 |
| | | BR 9306094 A | 13.01.1998 |
| | | DE 69314782 T | 14.05.1998 |
| | | DK 634958 T | 02.06.1998 |
| | | RU 2120340 C | 20.10.1998 |
| JP 11188328 A | 13.07.1999 | NONE | ---------- |
| JP 9164376 A | 24.06.1997 | EP 0779111 AB | 18.06.1997 |
| | | EP 19960306666 | 13.09.1996 |
| | | US 5810473 A | 22.09.1998 |
| | | SG 76487 A | 21.11.2000 |
| | | DE 69630766 T | 23.09.2004 |
| | | | 23.09.2004 |

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/ IB 2008/003609

CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

***B08B 9/093*** (2006.01)
***C10G 1/00*** (2006.01)

# INFORME DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL

Solicitud internacional Nº

PCT/ IB 2008/003609

A. CLASIFICACIÓN DEL OBJETO DE LA SOLICITUD

Ver hoja adicional

De acuerdo con la Clasificación Internacional de Patentes (CIP) o según la clasificación nacional y CIP.

B. SECTORES COMPRENDIDOS POR LA BÚSQUEDA

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

B08B, C10G

Otra documentación consultada, además de la documentación mínima, en la medida en que tales documentos formen parte de los sectores comprendidos por la búsqueda

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda internacional (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES,EPODOC

C. DOCUMENTOS CONSIDERADOS RELEVANTES

| Categoría* | Documentos citados, con indicación, si procede, de las partes relevantes | Relevante para las reivindicaciones Nº |
|---|---|---|
| X | US 2005161372 A1 (COLIC et al.) 28.07.2005, todo el documento. | 1-37 |
| X | GB 2283023 A (PETROLEO BRASILEIRO SA) 26.04.1995, todo el documento. | 1-37 |
| X | WO 9318864 A1 (INT TANKCLEANING SYSTEMS APS) 30.09.1993, todo el documento. | 1-37 |
| A | JP 11188328 A (TAIHO IND CO) 13.07.1999, figuras. | 7-26 |
| A | JP 9164376 A (TAIHO IND CO) 24.06.1997, figuras. | 7-26 |
| A | US 6371137 B1 (HEATH et al.) 16.04.2002, figuras. | 7-26 |

☐ En la continuación del Recuadro C se relacionan otros documentos ☒ Los documentos de familias de patentes se indican en el Anexo

* Categorías especiales de documentos citados:

"A" documento que define el estado general de la técnica no considerado como particularmente relevante.

"E" solicitud de patente o patente anterior pero publicada en la fecha de presentación internacional o en fecha posterior.

"L" documento que puede plantear dudas sobre una reivindicación de prioridad o que se cita para determinar la fecha de publicación de otra cita o por una razón especial (como la indicada).

"O" documento que se refiere a una divulgación oral, a una utilización, a una exposición o a cualquier otro medio.

"P" documento publicado antes de la fecha de presentación internacional pero con posterioridad a la fecha de prioridad reivindicada.

"T" documento ulterior publicado con posterioridad a la fecha de presentación internacional o de prioridad que no pertenece al estado de la técnica pertinente pero que se cita por permitir la comprensión del principio o teoría que constituye la base de la invención.

"X" documento particularmente relevante; la invención reivindicada no puede considerarse nueva o que implique una actividad inventiva por referencia al documento aisladamente considerado.

"Y" documento particularmente relevante; la invención reivindicada no puede considerarse que implique una actividad inventiva cuando el documento se asocia a otro u otros documentos de la misma naturaleza, cuya combinación resulta evidente para un experto en la materia.

"&" documento que forma parte de la misma familia de patentes.

| Fecha en que se ha concluido efectivamente la búsqueda internacional. | Fecha de expedición del informe de búsqueda internacional |
|---|---|
| 24 Abril 2009 (24.04.2009) | **30 de Abril de 2009 (30/04/2009)** |
| Nombre y dirección postal de la Administración encargada de la búsqueda internacional O.E.P.M.<br>Paseo de la Castellana, 75 28071 Madrid, España.<br>Nº de fax 34 91 3495304 | Funcionario autorizado<br>D. Herrera Alados<br>Nº de teléfono +34 91 349 34 12 |

# INFORME DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL

Información relativa a miembros de familias de patentes

Solicitud internacional Nº

PCT/IB 2008/003609

| Documento de patente citado en el informe de búsqueda | Fecha de Publicación | Miembro(s) de la familia de patentes | Fecha de Publicación |
|---|---|---|---|
| US 2005161372 A | 28.07.2005 | WO 2005071042 A | 04.08.2005 |
| | | | 04.08.2005 |
| | | | 04.08.2005 |
| US 6371137 B | 16.04.2002 | CA 2298920 AC | 02.06.2001 |
| | | EP 1106269 A | 13.06.2001 |
| | | EP 20000301180 | 16.02.2000 |
| | | | 16.02.2000 |
| | | | 16.02.2000 |
| GB 2283023 A B | 26.04.1995 | NINGUNO | ---------- |
| WO 9318864 A | 30.09.1993 | AU 3888493 A | 21.10.1993 |
| | | NO 943467 A | 16.09.1994 |
| | | NO 300762 B | 21.07.1997 |
| | | EP 0634958 AB | 25.01.1995 |
| | | EP 19930907816 | 16.03.1993 |
| | | JP 7507003 T | 03.08.1995 |
| | | US 5591272 A | 07.01.1997 |
| | | AT 159435 T | 15.11.1997 |
| | | ES 2108270 T | 16.12.1997 |
| | | BR 9306094 A | 13.01.1998 |
| | | DE 69314782 T | 14.05.1998 |
| | | DK 634958 T | 02.06.1998 |
| | | RU 2120340 C | 20.10.1998 |
| JP 11188328 A | 13.07.1999 | NINGUNO | ---------- |
| JP 9164376 A | 24.06.1997 | EP 0779111 AB | 18.06.1997 |
| | | EP 19960306666 | 13.09.1996 |
| | | US 5810473 A | 22.09.1998 |
| | | SG 76487 A | 21.11.2000 |
| | | DE 69630766 T | 23.09.2004 |
| | | | 23.09.2004 |

# INFORME DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL

Solicitud internacional Nº

PCT/ IB 2008/003609

CLASIFICACIÓN DEL OBJETO DE LA SOLICITUD

***B08B 9/093*** (2006.01)
***C10G 1/00*** (2006.01)