

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 804 329**

51 Int. Cl.:

**G05D 21/02** (2006.01)

**C10G 9/16** (2006.01)

**G01N 21/53** (2006.01)

**C10G 9/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **01.11.2010 PCT/US2010/054911**

87 Fecha y número de publicación internacional: **09.06.2011 WO11068612**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.11.2010 E 10776037 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.04.2020 EP 2507673**

54 Título: **Aplicación de herramientas para análisis de reductores de viscosidad para optimizar rendimiento**

30 Prioridad:

**03.12.2009 US 630345**

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

**05.02.2021**

73 Titular/es:

**BL TECHNOLOGIES, INC. (100.0%)  
5951 Clearwater Drive  
Minnetonka, MN 55, US**

72 Inventor/es:

**CROSS, COLLIN, WADE;  
VANHOVE, ANDRE y  
OWEN, DAVID**

74 Agente/Representante:

**GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo**

ES 2 804 329 T3

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

## DESCRIPCIÓN

Aplicación de herramientas para análisis de reductores de viscosidad para optimizar rendimiento

**Campo de la invención**

5 La presente invención se refiere a sistemas y procedimientos para caracterizar y cuantificar un medio dispersivo; específicamente, para medir la concentración de partículas o la tendencia a formar una fase dispersa dentro de una muestra de fluido. La presente invención también proporciona un programa que usa estas mediciones de concentración para monitorizar y controlar la operación de una unidad de proceso en una refinería.

**Antecedentes de la invención**

10 La conversión térmica es un proceso en el cual, mediante la aplicación de calor, las moléculas grandes de hidrocarburos se rompen en moléculas más pequeñas con un punto de ebullición más bajo. Estas operaciones se llevan a cabo en la industria de refinación de petróleo crudo por plantas como un reductor de viscosidad, coquizador e hidrocraqueador para obtener cortes intermedios o livianos de mayor valor, a partir de residuos pesados de menor valor comercial. Como se evidencia en la Patente EP No. 768363, el término "unidad de proceso" también se puede usar en lugar de "planta". El craqueo térmico aplicado en el proceso de viscosidad reducida también reducirá la viscosidad y el punto de fluidez de los residuos pesados.

15 Es bien sabido que el potencial de ensuciamiento de un fluido puede estimarse y caracterizarse por la concentración de la fase dispersa, particularmente por la concentración de la fase dispersa presente en un rango de tamaño específico. En los sistemas de hidrocarburos en particular, se ha reconocido que la concentración de asfaltenos (es decir, partículas de carbono o especies opacas) con una dimensión lineal mayor de aproximadamente 2 micrómetros en alquitranes rotos es una buena indicación del potencial de ensuciamiento del material.

20 El proceso VSB se desarrolló hace algunos años con la intención de obtener una disminución de la viscosidad en productos pesados a fin de reducir la cantidad de flujo de mayor valor para cumplir con la especificación de viscosidad del producto de combustible pesado terminado. Hoy, sin embargo, se gestiona con objetivos sustancialmente diferentes, es decir, con el propósito de obtener una transformación máxima en destilados medios y livianos para cumplir con los requisitos del mercado.

El factor de control para obtener una alta conversión es la necesidad de obtener un residuo estable. De hecho, un aumento de la temperatura de craqueo ciertamente implicaría una mayor conversión en destilados livianos y medios, pero produciría un alquitrán mucho más inestable que produciría un producto final fuera de las especificaciones de estabilidad requeridas.

30 Se consigue un aumento de las corrientes livianas aumentando la severidad del craqueo a través de un aumento de la temperatura del horno de salida del horno reductor de viscosidad. Si bien aumentar esta temperatura arbitrariamente servirá para aumentar la tasa de conversión, también tiene el coste de producir un alquitrán altamente inestable como un precipitado en el proceso, con una alta concentración de partículas de asfalto. Este material en partículas constituye una severa amenaza de ensuciamiento para los dispositivos de recuperación de energía (es decir, hornos e intercambiadores de calor) en el proceso. Como tal, para maximizar la rentabilidad de una unidad reductora de la viscosidad, es deseable optimizar la temperatura del horno de salida a la vez que se mantiene la estabilidad del alquitrán producido. Si bien se sabe que se pueden introducir dispersantes y agentes antiensuciamiento a alta temperatura en el sistema para reducir la tendencia y la tasa de ensuciamiento, los sistemas de la técnica anterior no han sido completamente satisfactorios para proporcionar un sistema automatizado con el fin de determinar un tipo y/o cantidad óptima de dispersantes químicos y antiensuciamientos para ser introducidos en la unidad reductora de la viscosidad para maximizar la rentabilidad de la planta. Las presentes enseñanzas mostrarán que si se puede cuantificar el potencial de ensuciamiento del alquitrán, se puede dosificar el nivel preciso de inhibidor químico para maximizar la rentabilidad de la planta.

45 También se sabe que la tendencia al ensuciamiento de una materia prima de hidrocarburos, o sus mezclas, puede estar relacionada con la tendencia de los materiales orgánicos insolubles a precipitarse en el equipo de transferencia de calor u otros equipos para una unidad de proceso de refinería.

50 La solicitud de patente de Estados Unidos publicada bajo el número US 2007/0008540 divulga el uso de retroalimentación para cambiar la entrada de agente antiensuciamiento: las mediciones se llevan a cabo en un fluido a la salida de la reacción. Por ejemplo, divulga que las mediciones se llevan a cabo en el residuo (alquitrán); o que las mediciones se llevan a cabo a la entrada y a la salida del horno para determinar la severidad del craqueo que se ha producido dentro del horno después de que el craqueo ya ha tenido lugar. Tal procedimiento de retroalimentación implica necesariamente un retraso de tiempo, ya que el proceso de control se realiza después de que una perturbación afecte el procedimiento, lo que da como resultado un cambio de la variable controlada. Esto se debe al hecho de que en un sistema de control de retroalimentación, las acciones de control se toman solo después de que las variables del proceso han afectado el proceso.

55

Por lo tanto, en un aspecto, la presente invención proporciona un sistema y procedimiento simplificado y automatizado que puede usarse fácilmente para llevar a cabo un análisis óptico de alquitranes y otras muestras de fluidos con viscosidad reducida con el fin de caracterizar y cuantificar la concentración de partículas dentro de la muestra de fluido con alta precisión y reproducibilidad. En otro aspecto, la presente invención utiliza estas mediciones de concentración para determinar el potencial de ensuciamiento de los alquitranes con viscosidad reducida, y regula la introducción de inhibidores químicos en la unidad reductora de viscosidad para mejorar el rendimiento de las corrientes livianas. En otro aspecto más, se prepara una secuencia de alícuotas a partir de la misma muestra a diferentes diluciones para impulsar la separación de fases, produciendo una secuencia de mediciones de concentración correlacionadas con una medición clásica del valor de peptización (PV), una medida cualitativa de la calidad del producto. En otro aspecto más, esta invención utiliza datos de concentración para estimar el potencial de ensuciamiento de una materia prima, relaciona los datos de concentración con el potencial de ensuciamiento de la materia prima y proporciona una dosis óptima de tratamiento químico para reducir la tasa de ensuciamiento. Estos y otros aspectos de la presente invención serán evidentes para los expertos en la materia tras la revisión de la siguiente divulgación.

## 15 **Sumario de la invención**

En un aspecto, la presente invención proporciona un sistema y un procedimiento para estimar una concentración de no homogeneidad contenidas dentro de un subproducto de alquitrán de operaciones de reducción de viscosidad. La invención lo hace midiendo la modulación de la luz transmitida a través de una muestra de fluido. El sistema utiliza un sistema de lentes ópticas fuertemente convergentes para enfocar la luz en una muestra preparada. En una realización ejemplar, se usa la óptica de un microscopio óptico convencional. Se instala una platina de traslación tridimensional abajo de la óptica de enfoque para que la muestra pueda escanearse en una región grande y en un plano focal específico. Se coloca un fotodetector en el lado opuesto de la platina desde la óptica de enfoque para medir la luz transmitida a través de la muestra. El fotodetector es leído por un convertidor analógico a digital (CAD) para proporcionar una medición digital (es decir, cuantitativa) de la intensidad de la luz transmitida. Luego, las platinas de traslación se mueven en un patrón, de modo que la intensidad de la luz transmitida se mide sobre una trayectoria representativo a través de la muestra. Cuando se encuentra una opacidad, una dispersión o una partícula opaca de un tamaño umbral en la muestra, la intensidad de la luz transmitida se atenúa fuertemente. Dicho cambio de intensidad de la luz se correlaciona luego con la detección de una partícula opaca para caracterizar y cuantificar la concentración de partículas dentro de la muestra de fluido con alta precisión y reproducibilidad. Se implementan algoritmos de proceso de datos para determinar el nivel de ruido de fondo asociado con los datos adquiridos y para establecer un nivel de umbral. Como tal, se puede especificar una relación señal/ruido específica para definir cuándo se registra un evento de detección. La discriminación de tamaño se puede lograr de acuerdo con las dimensiones físicas de la cintura del haz de luz enfocado.

En otro aspecto, la presente invención utiliza los datos de medición de concentración para estimar el potencial de ensuciamiento de alquitranes con viscosidad reducida en una unidad reductora de la viscosidad para regular la introducción de inhibidores químicos en la unidad reductora de la viscosidad y mejorar el rendimiento de las corrientes livianas. La invención proporciona un programa automatizado que permite al usuario maximizar la producción de corrientes livianas al modelar la correlación entre parámetros operativos tales como calidad de alimentación, severidad de craqueo, tasa de conversión, longitud de ejecución y tasa de ensuciamiento del intercambiador o horno sujeto para regular la introducción de inhibidores químicos en la unidad reductora de la viscosidad de acuerdo con las especificaciones del cliente y/o los requisitos de producción.

En otro aspecto, la presente invención utiliza un procedimiento para controlar y optimizar la inyección de productos químicos en una unidad de proceso para controlar el ensuciamiento. El procedimiento utiliza un dispositivo óptico para medir la propensión al ensuciamiento del fluido del proceso en varios puntos dentro de la unidad de proceso. Las mediciones se comparan entre sí y los procedimientos de predicción se utilizan para evaluar el potencial de ensuciamiento dentro de la unidad y determinar la dosis química adecuada. Luego se introduce un producto químico antiensuciamiento en la unidad para controlar la tasa de ensuciamiento. El procedimiento y la aplicación continúan con frecuencia para mantener un control óptimo de ensuciamiento dentro de la unidad.

## **Breve descripción de los dibujos**

La Figura 1 es una vista del aparato de escaneo de la presente invención, que muestra la relación esquemática de los diversos elementos;

La Figura 2 ilustra un ejemplo de una pantalla de ordenador que muestra una interfaz de adquisición de datos de acuerdo con la presente invención;

La Figura 3 es un diagrama que ilustra la óptica utilizada para enfocar de manera convergente un haz de luz a una cintura de haz estrecho;

La Figura 4 ilustra una pluralidad de escaneos lineales separados en comparación con un bloque sólido que representa un área de superficie efectiva equivalente;

La Figura 5 es un gráfico que ilustra los datos de transmisión de luz bruta obtenidos a través de un escaneo de línea única;

La Figura 6 es un gráfico que ilustra los datos brutos de la Figura 5 después de que los datos se hayan filtrado para eliminar el ruido de la línea y las variaciones de intensidad bruta.

5 La Figura 7 es un gráfico que ilustra un error estadístico decreciente en función de la longitud total de escaneo;

La Figura 8 es un gráfico que muestra la correlación de la no homogeneidad de la muestra, medida por el instrumento con muestras con un grado variable de dilución de una muestra completamente craqueada (es decir, alta densidad de partículas de asfaltenos);

La Figura 9 es un esquema de la mecánica del efecto químico de los dispersantes;

10 La Figura 10 es un gráfico de la relación de PV con la Temperatura de Salida del Horno (FOT) con y sin tratamiento químico;

La Figura 11 ilustra la estabilidad y conversión del alquitrán a medida que los asfaltenos se desembolsan en la fase continua a través de la acción peptizante de aromáticos y resinas;

15 La Figura 12 es un gráfico que ilustra los datos brutos obtenidos de una prueba de conversión por reducción de viscosidad.

Las Figuras 13-16 son gráficos que ilustran datos sin procesar obtenidos de una aplicación de potenciación de conversión;

La Figura 17 es un gráfico que ilustra los datos de VFM frente a la correlación de temperatura de la capa exterior;

La Figura 18 es un diagrama esquemático que ilustra tipos de proceso de reducción de viscosidad ejemplares.

20 Las Figuras 19A, 19B ilustran la medición de PV con un sistema de medición de la presente invención;

La Figura 20 es una tabla que ilustra los datos de recuento de partículas VFM para un petróleo crudo particularmente asfáltico (Crudo A) mezclado en varias proporciones con un esquisto crudo estándar (Crudo B);

25 La Figura 21 es un gráfico que ilustra los datos de recuento de partículas VFM para un petróleo crudo particularmente asfáltico (Crudo A) mezclado en varias proporciones con un esquisto crudo estándar (Crudo B);

La Figura 22 es una ilustración gráfica de la disminución real de la temperatura de entrada del horno debido al ensuciamiento medido en el campo.

30 La Figura 23 es un gráfico que ilustra los datos de recuento de partículas VFM para un crudo particularmente asfáltico (Crudo D) mezclado en otro esquisto crudo estándar (Crudo E); y

La Figura 24 es un diagrama esquemático que ilustra cómo se puede usar el dispositivo VFM para controlar el ensuciamiento en un tren intercambiador de precalentamiento de la unidad de proceso.

### Descripción detallada de la invención

35 A continuación se describirán realizaciones ejemplares y ejemplos que describen la presente invención con referencia a los dibujos adjuntos. Como se muestra en la Figura 1, esta invención usa un sistema óptico como se indica generalmente por el número 10, que en la presente realización ejemplar comprende una lente convergente, una fuente 12 de luz y una platina 14 de traslación multieje. La fuente 12 de luz puede implementarse, por ejemplo, en forma de un láser visible de estado sólido. También se puede usar un láser infrarrojo (IR), y en algunos casos es preferible debido al hecho de que las soluciones de HC son típicamente mucho más transparentes a la luz IR que la luz visible. La platina 14 de traslación puede moverse horizontalmente en las direcciones x e y en respuesta a las señales de control generadas por un ordenador 20 asociado para dirigir el haz de luz a lo largo de una pluralidad de trayectorias a través de la muestra. El tercer eje mueve la platina verticalmente, hacia y desde de la lente de enfoque. Esto permite la selección de un plano focal dentro de la muestra. En otra realización ejemplar, la presente invención contempla proporcionar medios para mover la fuente 12 de luz con respecto a la muestra, permitiendo así

40 que el haz de luz se dirija a través de la muestra para lograr los mismos resultados. Además, la presente invención también contempla el uso de una celda de flujo para recibir un flujo de fluido de muestra, en la que el fluido de muestra fluye a través de la celda de flujo mientras el haz de luz se dirige a través de una porción de la muestra que fluye. También se implementa un fotodetector 16, por ejemplo, un fotodiodo PIN, ubicado en el lado opuesto de la platina 14 para detectar la luz 13 transmitida a través del volumen de muestra, que se encuentra en la platina de traslación. El fotodetector 16, a su vez, está conectado por un conector y un cable 17, por ejemplo, un par trenzado

45 50 con conector BNC, a un convertidor 18 analógico a digital (A/D) para cuantificar la intensidad de la luz transmitida.

Como se describe a continuación, esto se hace para muestrear o detectar la aparición de no homogeneidad en la transmisión de luz que pueden ser causadas por minerales y otras inclusiones, y por la aglomeración o la materia oscura localizada estable de diversos tipos.

5 En una realización ejemplar de la invención, un material de muestra de fluido coloidal de alquitrán viscoso espeso tomado de un reductor de viscosidad se coloca en la platina 14 de traslación. Dependiendo de las condiciones en la unidad reductora de la viscosidad, la muestra puede o puede no contener partículas de asfalteno (o a base de carbono). Las partículas de asfaltenos dentro del medio de alquitrán son opacas a la luz visible. El medio alquitranado también es opaco a la luz visible cuando la longitud de la trayectoria a través del medio excede típicamente una dimensión lineal de aproximadamente 1 cm. Se dispensa un volumen de muestra en un portaobjetos 15 o celda de flujo de manera que se produce un espesor de muestra típico de 10-20 micrómetros. Como tal, el grosor del medio de muestra debe hacerse lo suficientemente delgado como para proporcionar una transparencia diferencial entre el medio viscoso de alquitrán y las partículas de asfaltenos en cuestión. En esta realización ejemplar, para optimizar la transmisión de luz desde una fuente de luz de baja potencia, se elige un láser de estado sólido que produce radiación a aproximadamente 633 nm. Esto proporciona una potencia adecuada en una región adecuada en el espectro EM (electromagnético) para proporcionar transmisión a través de una capa delgada de alquitrán, mientras que las partículas de carburo permanecen opacas.

Para tener sensibilidad a las no homogeneidades de tamaño específico, se debe utilizar una óptica adecuada para enfocar la luz láser en la muestra. La elección de una fuente de luz monocromática permite optimizar el diseño de la óptica. Como se muestra en la Figura 3, se usa un sistema 200 de lente altamente convergente para enfocar el haz 20 100 de luz hacia abajo a una cintura del haz de aproximadamente 1 micrómetro. El tamaño de la cintura del haz determina la dimensión transversal mínima que debe tener una no homogeneidad para atenuar completamente la luz láser. Si una no homogeneidad es menor a 1 micrómetro, todavía permitirá la transmisión de luz. Como tal, la óptica de enfoque define, en parte, un tamaño de umbral para la detección de falta de homogeneidad. Una ecuación para calcular la cintura del haz es la siguiente:

$$25 \quad W = 0,61\lambda / d$$

donde  $W$  = ancho de la cintura del haz (1/e)

$\lambda$  = longitud de onda de la luz

$d$  = apertura numérica

Por ejemplo, si  $\lambda = 633$  nm y  $d = 0,56$ , entonces  $W = 0,7 \mu\text{m}$ .

30 Puesto que había interés en no homogeneidades mayores de 1 micrómetro (y menores de -20 micrómetros), no se usó un láser IR, aunque las soluciones HC son más transparentes a la radiación IR porque la cintura del haz aumentaría de tamaño para la óptica dada. Como tal, se reduciría la sensibilidad del instrumento. Preferiblemente, la longitud de onda y la cintura del haz también se eligen para minimizar los artefactos de interferencia que pueden surgir a medida que aumenta la concentración de la fase dispersa o varía el espesor de la muestra (por ejemplo, debajo de un cubreobjetos). El espesor de la muestra 120 de fluido se elige para que sea de aproximadamente 10 micrómetros. El haz 100 se enfoca en el portaobjetos 104, debajo de un cubreobjetos 102, o una celda de flujo en el volumen de muestra. La profundidad y la anchura del foco están restringidas por el sistema óptico y la longitud de onda de luz seleccionada. En una realización ejemplar, ambas dimensiones se seleccionan para que sean aproximadamente 1 micrómetro.

40 La Figura 2 ilustra un ejemplo de una presentación en pantalla presentada por el software de la presente invención. La pantalla ilustrada en la Figura 2 representa una interfaz de adquisición de datos que permite al operador especificar una variedad de adquisición de escaneo, parámetros de análisis, condiciones de operación del instrumento y resultados de la medición. Los procedimientos por los cuales el operador selecciona elementos, ingresa datos e interactúa de otra manera con la interfaz de adquisición de datos son convencionales, y en este documento no se proporcionan más discusiones sobre estas operaciones. En una realización ejemplar de la invención, el software de adquisición de datos se implementó a través de Visual Basic® en Excel® con el código de análisis y proceso de señales implementado en GNU Octave, aunque los expertos en el arte de la programación de software apreciarán que se pueden usar muchos otros medios de programación de software para lograr los mismos resultados.

50 Se diseñó e implementó un plan de prueba para validar y medir el rendimiento de escaneo de una realización ejemplar de la presente invención. En particular, la repetibilidad de la medición se valida analizando la variación entre mediciones idénticas. La reproducibilidad de los datos se examina analizando los efectos de escanear diferentes regiones en la muestra. Esto se complica por los efectos de la no homogeneidad de la muestra. La precisión del sistema se prueba comparando los datos de escaneo con imágenes visuales y PV (PV = valor de peptización) de la muestra. La precisión de los resultados se analiza para determinar la incertidumbre estadística con

la longitud de la ruta y mediante la optimización del área de la muestra, como se analiza con más detalle a continuación.

La Figura 4 ilustra un ejemplo de cómo el sistema de escaneo muestrea una gran región de la muestra. La matriz de escaneos lineales (que se muestra en el lado derecho de la Figura 4) representa la misma área de superficie efectiva que la pequeña caja ilustrada en el lado izquierdo de la Figura 4. Por ejemplo, una matriz de 20 escaneos lineales de 15 mm de longitud con un haz láser de 1 micrómetro de ancho toma muestras de manera efectiva en la misma área que la caja más pequeña de 0,48 mm x 0,64 mm. Sin embargo, al organizar la ruta de muestreo para que se extienda sobre una región más grande de la muestra, los efectos de la no homogeneidad de la muestra, las fluctuaciones locales en la muestra y la variación de la muestra se reducen drásticamente. Como tal, los resultados estadísticos son mucho más precisos y reproducibles.

Para demostrar la repetibilidad de los presentes resultados de escaneo, se midieron cinco escaneos idénticos de 15 mm de una misma muestra, cada uno con un área efectiva de 0,015 mm<sup>2</sup>. La medición mostró que el número de conteos por barrido de línea de 15 mm era idéntico dentro de los límites de confianza del 95%. Al aumentar la región de muestreo a las rutas de escaneo de 20-15 mm, se observaron los mismos efectos sistemáticos. Después de aplicar el análisis estadístico a los resultados, se observó que las mediciones de escaneo de una sola línea se distribuyen normalmente, con una desviación estándar ( $\sigma$ )=1,6 recuentos con una media de 8,0 recuentos. Además, el recuento integral total de la muestra fue de 159 con una desviación estándar de 9 recuentos. Esto muestra que tanto el recuento medio de no homogeneidad por trayecto como el recuento total de no homogeneidad integral fueron estadísticamente idénticos y repetibles en los ensayos separados, lo que demuestra que la estabilidad y la repetibilidad del instrumento son excelentes. También demuestra que el error fraccional puede reducirse aumentando la longitud de muestreo. Esto se debe al hecho de que los errores independientes no se suman linealmente, sino en cuadratura.

Como puede observarse a partir de los datos anteriores, el sistema de la presente invención es capaz de minimizar y cuantificar los efectos de la no homogeneidad de la muestra.

Volviendo ahora a la Figura 5, se muestra un gráfico que representa datos brutos ejemplares obtenidos de un escaneo de una sola línea de 15 mm de longitud tomada durante una ventana de adquisición de 10 segundos.

$$\rho_1 = (9 \pm 3) \div (15 \text{ mm} \times 1 \mu\text{m}) = 600 \pm 200 \text{ mm}^{-2}$$

En la Figura 6, los datos sin procesar de la Figura 5 se procesan mediante una filtración de Fourier para eliminar el ruido de línea de 50/60 Hz y se utiliza un filtro de mediana para eliminar las variaciones de intensidad bruta para extraer el número de conteos por encima de un valor umbral. Este proceso puede repetirse para todos los escaneos de línea (por ejemplo, 20 escaneos de línea) para calcular la densidad de área de homogeneidad total de la muestra bajo prueba. En un ejemplo, el número de recuentos máximos de un escaneo de una sola línea se calcula como

$$\rho_1 = (9 \pm 3) \div (15 \text{ mm} \times 1 \mu\text{m}) = 600 \pm 200 \text{ mm}^{-2}$$

$$\rho_{\text{tot}} = (149 \pm 12) \div (20 \times 15 \text{ mm} \times 1 \mu\text{m}) = 497 \pm 40 \text{ mm}^{-2}$$

Repetiendo este cálculo para una medición que abarca más de 20 rutas, el error disminuye como se muestra a continuación:

$$\rho_{\text{tot}} = (149 \pm 12) \div (20 \times 15 \text{ mm} \times 1 \mu\text{m}) = 497 \pm 40 \text{ mm}^{-2}$$

Vemos que el error disminuye según las estadísticas Gaussianas donde el error se propaga en cuadratura, que es una propiedad estadística bien conocida.

Como se muestra en la Figura 7, se logra una incertidumbre aproximada del 5% en 10 escaneos de línea de 15 mm de longitud (es decir, área efectiva de 0,15 mm<sup>2</sup>). Por lo tanto, se muestra que el error estadístico disminuye con  $N^{0.6}$ , donde N es el número de múltiplos de longitud de trayectoria de 15 mm. A partir de los datos ejemplares de la Figura 7, se muestra que una longitud de trayectoria global de aproximadamente 150 mm (10 x 15 mm) alcanzaría un error aproximado del 5%.

Para determinar el ruido de fondo en la señal como en las Figuras 5 y 6, la presente invención proporciona un algoritmo de software, que calcula automáticamente el ruido de fondo y establece un nivel o umbral discriminador para registrar una no homogeneidad de la muestra. Se realiza una medición de la transmisión de luz cuando no se está realizando un escaneo. Por lo tanto, la señal es una estimación del ruido nominal. Calcular la desviación estándar de esta distribución de señal permite la estimación. El valor se puede usar para determinar una relación señal/ruido fija en la que aceptar las no homogeneidades.

De acuerdo con la presente invención, el instrumento es capaz de cuantificar la no homogeneidad de una solución de manera automatizada y oportuna.

Para demostrar las capacidades de la presente invención, se usaron los siguientes especímenes de muestra, con diversas concentraciones de asfaltenos para análisis y validación:

- 5      Especímen A: 9630 Asls, PV = 1,7, baja densidad de partículas (altamente diluido).  
           Especímen: 9630-6, PV = 1,4, densidad de partículas intermedia (parcialmente diluida).  
           Especímen C: 9630-7, PV <1,0, alta densidad de partículas, muestra fuertemente craqueada (ligeramente diluida).  
           Especímen D: 9630-mod, 13% 9630-7 + 9630 Asls, PV = aproximadamente 1,35 (parcialmente diluido).

10     Los resultados del escaneo de estas muestras se compararon luego con las fotografías de las muestras, y se encontró una correlación entre las imágenes y los resultados escaneados. En la Figura 8 se muestra un gráfico que muestra la correlación de la densidad de partículas medida por el instrumento con muestras con un grado variable de dilución de una fisura completa (es decir, alta densidad de asfaltenos).

15     En general, los resultados de las pruebas demuestran que el sistema de la presente invención proporciona una buena repetibilidad y muestra correlación con las vistas de imágenes visuales. Se ha demostrado que un área de muestra relativamente grande puede cubrirse con operación automatizada, reduciendo así los efectos de las fluctuaciones locales en la densidad de no homogeneidad. A los datos también se les puede asignar un error para cuantificar la precisión de los resultados.

20     También se divulga un programa para monitorizar y controlar la operación de una unidad reductora de la viscosidad en una instalación de procesamiento de hidrocarburos (refinería). El programa permite al usuario maximizar la producción de corrientes livianas (es decir, generalmente diésel) a la vez que mantiene un alquitrán residual altamente estable y reduce la posibilidad de que el alquitrán del alquitrán contamine los intercambiadores de calor de precalentamiento.

25     Se sabe que la estabilidad del alquitrán con viscosidad reducida y su potencial de ensuciamiento se puede medir por el valor de peptización (PV) y los sólidos filtrables en caliente (HFT). Nótese que HFT y PV son dos métricas diferentes, ya que HFT es una especificación de producto, mientras que PV es una caracterización de los alquitranes con viscosidad reducida hacia el potencial de precipitación de asfaltenos. El dispositivo de medición óptica (en lo sucesivo denominado "VFM") de la presente invención mide una cantidad que es una medida de los sólidos filtrables opacos dentro de una muestra de alquitrán. El programa automatizado de la presente invención utiliza los datos de medición de concentración de VFM para estimar el potencial de ensuciamiento de los alquitranes con viscosidad reducida. Esta estimación a su vez se utiliza para medir las necesidades de alimentación óptima de los tratamientos químicos.

30     Se sabe que los dispersantes y agentes de antiensuciamiento para alta temperatura son los componentes principales de un régimen químico utilizado para tratar los reductores de viscosidad. Existen familias químicas específicas que son particularmente efectivas para su uso en los reductores de viscosidad para reducir el ensuciamiento de las superficies de intercambio de calor (es decir, intercambiador, horno, etc.) y posteriormente estabilizar el alquitrán con viscosidad reducida producido. El programa de la presente invención está configurado para seleccionar el tipo y la cantidad de productos químicos requerida para satisfacer los requisitos de producción. Las entidades químicas específicas incluyen, entre otras, ácidos y ésteres poliisobutenilfosfónicos, ácidos y ésteres poliisobutenilfosfónicos, sulfuros y disulfuros de alquilfosfonato fenato que pueden neutralizarse con metales alcalinotérreos o aminas, poliisobutenil succinimidias, , alquil ésteres de poliisobutenilsuccinato, sales de calcio o magnesio de ácidos alquil o dialquilnaftalenosulfónicos como se describe en la Patente de Estados Unidos No. 4,927,519 y la Patente EP No. 321424B1.

35     Se ha encontrado que estos materiales antiensuciamiento funcionan a dosis bajas, 1-200 ppm, para prevenir la deposición indeseable o el ensuciamiento de las superficies en los reductores de viscosidad, así como también previenen la deposición carbonosa en productos de petróleo pesado con viscosidad reducida (alquitrán). En general, se cree que el ensuciamiento en los intercambiadores de calor se produce al generar primero una partícula macromolecular no estabilizada que ya no se disuelve en el fluido o que ya no es una especie coloidal estable. Esto ocurre debido al estrés térmico en el hidrocarburo. Se produce el depósito inicial y las especies desestabilizadas se adsorben en el sitio de depósito original. Las partículas más grandes en el hidrocarburo serán más propensas al contacto y se unirán a la superficie. La deshidrogenación del hidrocarburo adsorbido será impulsada por el calor y hará que el depósito sea más tenaz a medida que ocurran las reacciones de reticulación.

40     Generalmente se entiende que los dispersantes funcionan mediante una variedad de mecanismos. Primero, los materiales dispersantes se adsorben en las superficies de las partículas insolubles en crecimiento y actúan para mantener estas partículas pequeñas; típicamente menos de 1 micrómetro. Por lo tanto, las partículas son más propensas a continuar fluyendo a través del sistema y no asentarse en el intercambiador de calor u otras superficies.

Esto puede ser descrito por la ley de Stokes, que depende del radio de las partículas. Esto se muestra esquemáticamente en la Figura 9. Los dispersantes actúan mediante una combinación de estabilización estérica, que actúa para repeler las partículas que se aproximan (aumentan drásticamente la entropía del sistema local y conducen el disolvente entre las partículas), y bloquean los sitios polares en las partículas que actúan como fuerza impulsora de la fusión. Existe evidencia mediante dispersión de luz que muestra que los fluidos tratados térmicamente con dispersión generan partículas que son hasta dos órdenes de magnitud más pequeñas que los fluidos de hidrocarburos no tratados.

Incluso si las partículas no son pequeñas, el mecanismo anterior explica cómo las partículas serán menos propensas a unirse a otras partículas en solución, o al material ya depositado en la superficie.

- 10 También se ha demostrado que la naturaleza de la superficie juega un papel en la capacidad de depósito de los fluidos sometidos a estrés térmico. Las superficies de metal con mayor rugosidad, bordes o polaridad son más propensas al ensuciamiento. Estos dispersantes se adsorberán en tales superficies y evitarán que el hidrocarburo insoluble en partículas o amorfo se adhiera a la superficie.

- 15 La reacción de los hidrocarburos a temperaturas elevadas con oxígeno (incluso niveles muy bajos, como <5 ppm) dará como resultado la formación de funcionalidades polares que pueden impulsar la coalescencia de las partículas, así como acelerar la deshidrogenación del hidrocarburo adsorbido, lo que hace que la eliminación de la superficie por flujo turbulento sea mucho menos probable. La adsorción dispersante bloqueará la transferencia de masa del oxígeno a la superficie, y algunos de estos agentes antiensuciamiento descritos tienen capacidad antioxidante al interferir con las reacciones por radicales.

- 20 Además, generalmente se cree que el alquitrán con viscosidad reducida es de naturaleza coloidal, con especies de asfaltenos más altamente polares y de mayor peso molecular estabilizadas en el fluido por moléculas de resina más pequeñas. A medida que el estrés térmico perturba la relación de las resinas adsorbidas con los asfaltenos, y al impulsar la conversión de resinas en asfaltenos, y al hacer que los asfaltenos sean más polares, estos sistemas pueden describirse como más "inestables" o propensos a la deposición. Se cree que los dispersantes descritos aquí reemplazan las resinas alteradas o destruidas y reestabilizan el sistema de asfaltenos.

Como se describe en este documento, los datos de medición de VFM proporcionan información sobre el contenido de sólidos en el residuo (alquitrán). Mayores cantidades de sólidos darán un mayor potencial de precipitación. Los sólidos pueden introducirse en el sistema mediante la alimentación (mala calidad de alimentación) y/o mediante el proceso de craqueo. Cuanto mayor sea la severidad del craqueo, mayor será el contenido de sólidos en el residuo.

- 30 Con base en la definición de una línea base, que depende de la unidad, los datos VFM proporcionan información en respuesta creciente a la disminución del contenido de sólidos en el alquitrán. Dependiendo de la causa principal del aumento de sólidos (severidad de la alimentación o el craqueo), el dispositivo puede ayudar a optimizar la tasa de inyección de productos químicos (si los sólidos provienen de la alimentación o la severidad que se desea mantener) para mantener la tasa de ensuciamiento y así mantener la longitud de funcionamiento de la unidad bajo control. Si el aumento de sólidos se debe solo a la severidad del craqueo, la medición de VFM proporciona una advertencia temprana sobre la inestabilidad potencial del alquitrán y la severidad del craqueo puede reducirse disminuyendo la temperatura de salida del horno (FOT).

- 40 La Figura 10 muestra una correlación de FOT versus PV. Aumentar la FOT reducirá el valor de PV hasta la inestabilidad (es decir,  $PV=1,0$ ). Con el tratamiento apropiado, PV permanecerá más alto (es decir, estable) a la misma temperatura. También nótese que la pendiente entre las curvas tratadas y no tratadas es diferente, ya que la curva tratada tiene una pendiente mucho más suave. Esto proporciona más seguridad y flexibilidad a los objetivos de potenciación de conversión, ya que el tratamiento actúa como un amortiguador de la tasa de cambio de PV con FOT. En consecuencia, la Figura 10 es la correlación de la temperatura de salida del horno frente a PV que muestra que al aumentar la FOT, PV se reducirá hasta la inestabilidad, y con el tratamiento, PV será más alto a la misma temperatura, pero también la pendiente es diferente, lo que indica que se proporciona más seguridad y flexibilidad a los objetivos de potenciación de conversión. En comparación, otros sistemas de tratamiento conocidos, como los descritos en las Patentes Europeas Nos. 0321424 B1 y 0529397 B1 de Faina, et al., no impactan a PV de la manera descrita por la presente invención.

- 50 Al comparar la diferencia en las mediciones de VFM del alquitrán en la entrada del horno con las mediciones en la salida del horno, se obtiene una medición directa de la severidad del craqueo. Cuando el VFM mide las no homogeneidades en la corriente de salida, se pueden tomar mediciones en el lado del proceso, específicas para las especificaciones del cliente. Por ejemplo, la acción más simple por implementar es reducir la severidad del craqueo para reducir la tasa de ensuciamiento en el horno, intercambiadores, fondos de columnas o tambor de remojo. Esto reduce el riesgo y la tasa de depósitos de ensuciamiento, pero también reduce la cantidad de corriente de hidrocarburos livianos producida, por lo que reduce la rentabilidad de las operaciones. Este curso de acción se acompaña con la alimentación de productos químicos antiensuciamiento a alta temperatura a una tasa de aproximadamente 100 ppm. Con el fin de mantener la mayor eficiencia de conversión y, por lo tanto, la mayor rentabilidad, el objetivo es aumentar la estabilidad del alquitrán (aumentar el valor P) mediante la sustitución de las resinas convertidas inyectando dispersantes a alta temperatura a una dosis más alta que es de aproximadamente

500 ppm de producto químico. El óptimo económico para proporcionar la máxima rentabilidad a la refinería depende de las operaciones y objetivos individuales de la refinería y es probable que sea del orden de aproximadamente 300 ppm. El valor específico se determina con el uso de las mediciones VFM y los presentes modelos estadísticos cuantitativos.

- 5 Los presentes modelos MRA intentan definir una correlación matemática entre los parámetros operativos tales como: calidad de alimentación, severidad de craqueo, conversión y la tasa de ensuciamiento del intercambiador u horno sujeto. Al normalizar el modelo matemático, la tasa de ensuciamiento se aísla de los parámetros operativos variables y la tasa de ensuciamiento real se puede demostrar y cuantificar. Al desarrollar un modelo corregido que refleje los residuos entre el modelo predicho y el parámetro medido real, se pueden aplicar técnicas de control de proceso estadístico para cuantificar el rendimiento de los productos químicos aplicados para controlar el ensuciamiento en la
- 10 unidad reductora de viscosidad. La determinación precisa del potencial de ensuciamiento de esta manera permite a una refinería comenzar a tratar un crudo con coste de oportunidad y alcanzar rápidamente un conjunto óptimo de condiciones de operación sin incurrir en ensuciamiento, o cambiar rápidamente las condiciones del horno (es decir, la temperatura) para aumentar o disminuir la cantidad de fracciones específicas en el producto (es decir, distribución de componentes y/o composición del producto viscoso) que pueden requerirse para las necesidades inmediatas de
- 15 producción, a la vez que se asegura que la operación se mantenga dentro de una banda de estabilidad segura. Además de un rendimiento o productividad mejorado, proporciona una mayor flexibilidad con un riesgo mínimo.

La presente invención está adaptada para controlar la alimentación química con base en mediciones de VFM para maximizar el rendimiento de las corrientes ligeras de HC en las operaciones de reducción de viscosidad. El VFM también puede proporcionar una estimación de la estabilidad del alquitrán, que es proporcional a las mediciones de HFT. El programa de la presente invención controla la alimentación química en función de una temperatura de salida del horno predefinida, y utiliza modelado predictivo para verificar y predecir el rendimiento en función de las mediciones de VFM. La tasa de alimentación química está directamente relacionada con las mediciones de rendimiento motivadas por el cliente, como la longitud del desempeño y/o la tasa de conversión. Los dispersantes de alta temperatura pueden reemplazar las resinas convertidas para mantener la estabilidad del alquitrán al tiempo que aumentan la severidad del craqueo; o, el sistema puede aumentar la estabilidad del alquitrán al mantener una severidad constante de craqueo. Además, medir las características del alquitrán con el VFM antes y después del horno indica la cantidad de partículas producidas directamente en el proceso de craqueo.

Un proceso para establecer un tratamiento efectivo de reducción de viscosidad se puede resumir de la siguiente manera. Primero, el usuario define claramente el problema por resolver. A continuación, se realiza una inspección unitaria o una prueba en blanco de las operaciones de reducción de viscosidad. A continuación, se analizan los datos operativos obtenidos de la inspección de la unidad y se definen los parámetros de desempeño de línea base. Luego, los objetivos de rendimiento se miden de acuerdo con los objetivos y requisitos de producción mutuamente acordados, y luego se puede diseñar un procedimiento de tratamiento apropiado. Luego, el procedimiento de

30 tratamiento se implementa, supervisa y repara, y finalmente se pueden proporcionar informes de rendimiento y beneficios de cantidad.

Como se muestra en la Figura 11, la conversión de la estabilidad del alquitrán se produce cuando los asfaltenos se desembolsan en la fase continua a través de la acción peptizante de los aromáticos y las resinas. También se puede observar en la ilustración que el craqueo modifica el equilibrio para que los asfaltenos puedan causar un valor de precipitación con baja peptización.

Los datos ejemplares registrados de una prueba de conversión por reducción de viscosidad se muestran en la Figura 12. Como se observa en la Figura 12, las regiones en un círculo representan áreas para detener la inyección de productos químicos bajo las mismas condiciones de operación.

Las Figuras 13-16 ilustran datos ejemplares obtenidos durante la aplicación de potenciación de conversión. Como se puede observar a partir de los datos ilustrados, se logró un aumento general de conversión de +3%. En la Figura 15, se inyectó Thermoflo 7R630 antes del precalentamiento: promedio 300 ppm. Cabe señalar que incluso un aumento de conversión del 1% en la carga tratada debe considerarse extremadamente satisfactorio en términos de ganancias.

La Figura 17 ilustra los datos de VFM versus la temperatura de la capa exterior corregida a lo largo del tiempo, y la Figura 18 es un diagrama esquemático que ilustra tipos de procesos de reducción de viscosidad ejemplares.

La operación descrita anteriormente de muestreo de longitud de ruta para desarrollar una medida de concentración de fase dispersa se correlaciona bien con una medida HFT convencional de alquitrán filtrado en caliente y también puede usarse con un protocolo adecuado para derivar el valor de peptización clásico PV. Esto permite que se use VFM para evaluar la calidad del producto de reducción de viscosidad y mezclar o producir eficientemente diversos combustibles u otros aceites requeridos. El procedimiento clásico para medir PV, en uso durante décadas, consiste en agregar lentamente cantidades graduadas de n-cetano  $C_{16}-H_{34}$  puro a una secuencia de muestras del producto, manteniendo cada muestra diluida en un baño caliente durante un tiempo (por ejemplo, treinta minutos) para permitir que los asfaltenos se aglomeren y luego detectar la concentración de alquitrán. Las diferentes muestras proporcionan un gráfico de la estabilidad del producto, con un aumento brusco de la separación del alquitrán al valor

de peptización PV. La concentración medida por VFM de la presente invención proporciona una herramienta eficaz para realizar dicha medición de PV de forma rápida y repetible.

Un protocolo adecuado sustituye n-heptanos por cetano en el procedimiento de preparación de la muestra, permitiendo que las diluciones, el calentamiento y la sedimentación se realicen rápidamente, en muestras pequeñas, a temperatura más baja y en tiempos más cortos. Un valor P clásico se expresa como  $1 + X_{min}$ , donde  $X_{min}$  es la dilución máxima antes de que ocurra la floculación expresada en número de mililitros de diluyente n-cetano por gramo de muestra. Para usar con el VFM de la presente invención, usando n-heptano como diluyente, la secuencia de muestras con dilución sucesivamente creciente se puede calentar en un baño de agua a 100°C durante quince minutos, dejar enfriar y dejar reposar durante quince minutos, y luego medirse con el VFM. Esto reduce sustancialmente el tiempo de preparación de la muestra, y debido a que el VFM requiere solo un pequeño procedimiento de muestreo de ruta, la matriz completa de muestras puede colocarse en un solo portaobjetos, por ejemplo, una placa de micromuestra de 9 pocillos, para el paso de detección de concentración, por lo que la medición se simplifica y se hace cuantificable y repetible. Debido al menor peso molecular del diluyente de heptano más liviano, se aplica un factor de corrección 1/0,443 al volumen del diluyente  $X_{min}$  para corregir el diferente peso molecular del cetano, de modo que el valor de P resultante sea idéntico en valor a la medición clásica. Se puede colocar una serie de muestras en la platina. Cada muestra comprende una pequeña cantidad de hidrocarburo alifático (es decir, n-cetano, n-heptano, etc.). Cuanto más compuesto alifático se necesite agregar, más estable es el alquitrán. La transmisión de luz se mide a través de una ruta de escaneo en cada muestra individual. Esto permite realizar una comparación funcional de la densidad óptica con la cantidad de alifático agregado a cada muestra.

La Figura 19A ilustra PV derivado obtenido por este procedimiento para cinco muestras de fluido de reducción de viscosidad, en comparación con los valores de P determinados por el análisis clásico de pruebas de laboratorio de n-cetano de las muestras. Las mediciones son esencialmente idénticas. La Figura 19B representa gráficamente la medición de la concentración de VFM (en unidades arbitrarias) que ilustra el inicio de la inestabilidad y la floculación. El valor PV es fácilmente visible como el punto en el que hay un aumento rápido en la opacidad de la muestra con un aumento relativamente pequeño en la cantidad del diluyente alifático (heptano). Este cambio brusco en la medición de la concentración de VFM entre las muestras analizadas puede definirse automáticamente como una salida con un algoritmo de comparación de software directo para proporcionar esta medición de la calidad del producto o la estabilidad de los fluidos. Otros aspectos de la preparación de la muestra, como la preparación de un conjunto de diferentes diluciones y la carga en una matriz de micromuestra para la medición de la concentración, pueden automatizarse completamente, utilizando diversos mecanismos de inyección, manipulación y transferencia que resultarán familiares a partir de tareas similares realizadas por equipos utilizados para automatizar el manejo, proceso y análisis de materiales de secuenciación química, biológica, médica o genética.

Además, el programa descrito anteriormente se puede adaptar para optimizar el control del ensuciamiento en una red de intercambiadores de calor u otro equipo para una unidad de proceso de refinería (como una unidad reductora de la viscosidad, unidad de coquización, unidad de hidrocraqueo o unidad de crudo), con base en una detección a priori de aglomeración de partículas, distribución de tamaños e insolubilidad. Más específicamente, el ensuciamiento causado por la inestabilidad asfáltica debido al desemeño o mezcla de dietas crudas inestables. El programa proporciona un marco para monitorizar la propensión al ensuciamiento de la materia prima de la unidad con respecto a la optimización de las proporciones de mezcla y/o el control de un producto químico antiensuciamiento de manera directa. Estas técnicas proporcionan una manera de minimizar los costes de energía y mantenimiento asociados con la contaminación del equipo de intercambio de calor, así como también para seleccionar mezclas de alimentación que puedan equilibrar el ahorro de costes con el control de la contaminación.

Se sabe que la tendencia al ensuciamiento de las materias primas de hidrocarburos, o sus mezclas, puede estar relacionada con la tendencia de los materiales orgánicos insolubles a precipitarse en los equipos de transferencia de calor. El VFM de la invención mide una cantidad relacionada con los sólidos filtrables opacos dentro de una muestra de hidrocarburo. El programa automatizado descrito en la presente invención utiliza la concentración de VFM y los datos de distribución del tamaño de partícula para estimar el potencial de ensuciamiento de una materia prima mezclada. Esto, a su vez, se utiliza para comprender la envoltura de mezcla de posibles alimentaciones de hidrocarburos, relacionarlo con el comportamiento de las ensuciamiento y luego proporcionar una dosis óptima de tratamiento químico.

Se muestra que los dispersantes y antiensuciamientos de alta temperatura son los componentes principales en un régimen químico utilizado para tratar equipos de proceso y, por lo tanto, reducen la tasa de ensuciamiento. Existen familias químicas específicas que son particularmente efectivas para disminuir la tasa de ensuciamiento en equipos de intercambio de calor y otras superficies calientes, como hornos. Las tasas de ensuciamiento se ven afectadas por la acción de dichos productos químicos para estabilizar coloidalmente las partículas contenidas, incluidos los materiales asfálticos. El programa de la presente invención está configurado para permitir que se determinen los envoltorios de estabilidad de la mezcla antes de su uso. Además, el programa está configurado para seleccionar el tipo y la cantidad de productos químicos requerida para satisfacer los requisitos de producción. Las entidades químicas específicas incluyen, pero no se limitan a, ácidos y ésteres poliisobutenilfosfónicos, ácidos y ésteres poliisobutenilfosfónicos, sulfuros y disulfuros de alquilfosfonato fenato que pueden neutralizarse con metales alcalinotérreos, o aminas de poliisobutenil succinimidadas, alquil ésteres de poliisobutenilsuccinato, sales de magnesio

o calcio de ésteres de ácidos alquil o dialquilnaftelenosulfónicos, como se describe en la patente de los Estados Unidos No. 4,927,519 y Patente EP No. 321424B1.

5 Se ha encontrado que estos materiales antiensuciamiento funcionan a dosis bajas, 1-200 ppm, para evitar la deposición indeseable de material insoluble (ensuciamiento) sobre superficies en equipos de intercambio de calor que manejan fluidos de proceso. Generalmente se cree que el ensuciamiento en los intercambiadores de calor se produce al generar primero una partícula macromolecular no estabilizada que ya no es soluble en el fluido en volumen o como una especie coloidal. Esto ocurre a menudo debido al estrés térmico en el hidrocarburo. Se produce el depósito inicial y las especies desestabilizadas se adsorben en el sitio de depósito original. Las partículas más grandes en el hidrocarburo serán más propensas al contacto y se unirán a la superficie. La deshidrogenación del hidrocarburo adsorbido será impulsada por el calor y el tiempo y hará que el depósito sea más tenaz a medida que ocurran las reacciones de reticulación.

10 Generalmente se entiende que los dispersantes funcionan mediante una variedad de mecanismos. Primero, los materiales dispersantes se adsorben a las superficies formadas por el crecimiento de partículas insolubles y actúan para mantener estas partículas pequeñas; típicamente menos de 1 micrómetro. Por lo tanto, las partículas son más propensas a continuar fluyendo a través del sistema y no asentarse en el intercambiador de calor u otras superficies. Esto puede ser descrito por la ley de Stokes, que depende del radio de las partículas. Esto se muestra esquemáticamente en la Figura 9. Los dispersantes actúan mediante una combinación de estabilización estérica, que actúa para repeler las partículas que se aproximan (aumentan drásticamente la entropía del sistema local y conducen el disolvente entre las partículas), y bloquean los sitios polares en las partículas que actúan como fuerza impulsora de la fusión. Existe evidencia por dispersión de luz que muestra que los fluidos tratados térmicamente con dispersión generan partículas que son hasta dos órdenes de magnitud más pequeñas que los fluidos de hidrocarburos no tratados.

Incluso si las partículas no son pequeñas, el mecanismo anterior explica cómo las partículas serán menos propensas a unirse a otras partículas en solución, o al material ya depositado en la superficie.

15 También se ha demostrado que la naturaleza de la superficie juega un papel en la capacidad de depósito de los fluidos sometidos a estrés térmico. Las superficies de metal con mayor rugosidad, bordes o polaridad son más propensas al ensuciamiento. Estos dispersantes se adsorberán en tales superficies y evitarán que el hidrocarburo insoluble en partículas o amorfo se adhiera a la superficie.

20 La reacción de los hidrocarburos a temperaturas elevadas con oxígeno (incluso niveles muy bajos, como <5 ppm) dará como resultado la formación de funcionalidades polares que pueden impulsar la coalescencia de las partículas, así como acelerar la deshidrogenación del hidrocarburo adsorbido, lo que hace que su eliminación de la superficie por flujo turbulento sea mucho menos probable. La adsorción dispersante bloqueará la transferencia de masa del oxígeno a la superficie, y algunos de estos agentes antiensuciamiento descritos tienen capacidades antioxidantes al interferir con las reacciones radicales.

25 Además, se cree que las materias primas de hidrocarburos, como los aceites crudos y sus fracciones destiladas más pesadas, contienen materiales asfálticos de naturaleza coloidal. Estos coloides tienen especies de asfaltenos altamente polares y de alto peso molecular que se estabilizan en el fluido mediante moléculas de resina más pequeñas. Estos sistemas pueden volverse "inestables" o propensos a la deposición, ya sea por estrés térmico, que cambia la relación crítica de las resinas adsorbidas a los asfaltenos necesarios para mantener un coloide estable. Se cree que los dispersantes descritos aquí reemplazan las resinas perturbadas o destruidas y reestabilizan los sistemas asfálticos.

30 Como se describe en el presente documento, los datos de medición de VFM proporcionan información sobre la concentración y la distribución del tamaño de partícula de los sólidos insolubles en la alimentación de hidrocarburos y/o sus mezclas y sus fracciones de destilado resultantes. Los fluidos que tienen mayores cantidades de sólidos darán un mayor potencial de precipitación. Además, los fluidos que tienen distribuciones de tamaño de partícula que presentan fracciones sustanciales mayores que un umbral de tamaño crítico también exhibirán un potencial de ensuciamiento incrementado. El umbral de tamaño crítico varía, en un sentido práctico, dependiendo de las propiedades mecánicas del fluido y su flujo, como la viscosidad, la velocidad y la tensión de cizallamiento, etc. Además, la naturaleza de las partículas que constituyen la distribución también afectará la propensión al ensuciamiento. Finalmente, la alimentación, las relaciones de mezcla particulares de las materias primas individuales que comprenden la mezcla, la desestabilización térmica y los mecanismos de deshidrogenación pueden introducir sólidos en el sistema, afectar la distribución del tamaño y también la naturaleza de las partículas.

35 Los parámetros de desempeño de línea base, como el potencial de ensuciamiento, se pueden establecer realizando una inspección unitaria o una prueba en blanco de las operaciones de la unidad de proceso y analizando los datos operativos obtenidos de la inspección unitaria. Con base en la definición de una línea base dependiente de la unidad para una materia prima particular, los datos de VFM proporcionan información sobre el potencial de ensuciamiento creciente o decreciente de la alimentación entrante. Esta información se puede utilizar para alterar las tasas de inyección de productos químicos antiensuciamiento. Además, las prácticas de mezcla de crudo a menudo están llenas de incertidumbre y puede ocurrir una no linealidad significativa con respecto a las proporciones de mezcla

cuando se considera la estabilidad de los materiales asfálticos contenidos y las tasas de ensuciamiento asociadas. Los datos de VFM, cuando se ejecutan a través de los envoltentes de combinación deseada(s), pueden definir regiones de potencial de ensuciamiento significativo. Esto puede permitir que se tomen decisiones racionales en tiempo real para ajustar las estrategias de mezcla para minimizar el ensuciamiento y/o maximizar la duración del desempeño.

La Figura 20 y la Figura 21 muestran datos de recuento de partículas VFM para un petróleo crudo particularmente asfáltico (Crudo A) mezclado en varias proporciones con un esquisto crudo estándar (Crudo B). El cuadro además muestra la misma curva de mezcla con la adición de un producto químico antiensuciamiento. Se eligió este conjunto de fluidos porque esta mezcla ha causado aumentos severos en la tasa de ensuciamiento de precalentamiento, así como condiciones desagradables de desalación, en múltiples ocasiones en el pasado. Se pueden observar varios puntos importantes a partir de estos datos. Primero, cuando se consideran los datos puros del crudo A y del crudo B, el petróleo crudo asfáltico (crudo A) tiene un recuento de partículas mucho más bajo que el esquisto normal (crudo B). Esta observación muestra que el VFM se puede usar para evaluar los alimentos crudos entrantes para determinar su propensión relativa a la contaminación. Al realizar la prueba de VFM en estos crudos después del proceso de desalación, la propensión al ensuciamiento intrínseco puede relacionarse con componentes asfálticos u otros contaminantes inorgánicos que pueden eliminarse en el proceso de desalación. Las materias primas y mezclas crudas pueden clasificarse como materias primas con potencial de ensuciamiento bajo, medio o alto. También es notable en la Figura 21 que al mezclar el crudo A y el crudo B en proporciones variables, el recuento de partículas aumenta dramáticamente para proporciones de mezcla entre 40% y 60%. Esto muestra que esta mezcla tiene una tendencia a exhibir un aumento no lineal significativo en partículas insolubles. Esto probablemente se deba a la desestabilización de los asfaltenos coloidales como se describió anteriormente. La Figura 22 muestra que la temperatura real de entrada del horno (en adelante "FIT") disminuye debido al ensuciamiento medido en el campo. FIT disminuyó severamente durante varios períodos de tiempo mientras se procesaban dietas de crudo con proporciones de mezcla en este régimen problemático. La Figura 21 también muestra que el número de partículas insolubles puede verse afectado dramáticamente por la adición de pequeñas cantidades de producto químico de antiensuciamiento. La Figura 23 muestra un conjunto similar de datos para otro crudo asfáltico (Crudo D) mezclado con otro esquisto crudo estándar (Crudo E). El segundo conjunto de datos es indicativo de una experiencia bastante generalizada con estos temas y muestra que esto no es algo particularmente relacionado con conjuntos estrechos de petróleo crudo.

Los datos de VFM mostrados anteriormente forman la base de la invención actual en la que se describe un programa para usar el instrumento VFM para controlar de manera proactiva el comportamiento de ensuciamiento en el equipo de intercambio de calor u otros equipos de proceso propensos al ensuciamiento, antes de que se experimenten realmente los impactos problemáticos y costosos. Al usar VFM para detectar el petróleo crudo entrante, los cambios en el recuento de partículas entrantes se pueden usar para controlar las tasas de alimentación química en combinación con modelos estadísticos. Al utilizar la combinación de VFM, el producto químico de antiensuciamiento y las metodologías de control de procesos estadísticos, el programa general se puede gestionar para proporcionar una capacidad mejorada para lograr el tiempo de desempeño, mantenimiento y objetivos económicos de la unidad. Además, las estrategias de mezcla pueden desarrollarse de manera proactiva de modo que se logre una gran flexibilidad para cumplir con los objetivos económicos generales, al tiempo que se preserva la eficiencia de la transferencia de calor y el tiempo de desempeño.

Se describe un procedimiento ejemplar de la invención, en el que el dispositivo VFM se usa para controlar el ensuciamiento en un tren intercambiador de precalentamiento de la unidad de proceso.

Un fluido de proceso entra a una unidad de crudo después de ser mezclado en un parque 201 de tanques. Entra entonces a un sistema de precalentamiento compuesto de un tren 202 intercambiador de frío, un desalador 303, un tren 204 intercambiador de calor, un horno 205, y una unidad 206 de fraccionamiento. Se toman muestras de fluido en puntos 207 de tal forma que se puedan comparar características del fluido nativo, antes de la inyección de productos químicos, con las características en diversos puntos en el sistema durante el proceso de calentamiento y después de que se hayan añadido los productos químicos. Las muestras de fluido se pasan al VFM 208 y se determinan los datos de propensión al ensuciamiento y se comparan en los diferentes puntos 207 de muestreo. Los datos de VFM son transmitidos entonces a un mecanismo 209 de procesamiento y control donde tiene lugar un análisis matemático para determinar la demanda de producto químico antiensuciamiento. El análisis de los datos consiste en utilizar técnicas de modelación predictivas para evaluar el impacto del producto químico en la propensión al ensuciamiento, según se mide por VFM, y también para proyectar la longitud de una ejecución teórica con base en la tasa medida de ensuciamiento. Con base en los parámetros estadísticos derivados, se calcula la demanda de producto químico necesario para mantener la tasa de ensuciamiento dentro de límites especificados. Se transmiten entonces instrucciones a la bomba 210 de alimentación de producto químico, la cual suministra el producto químico desde el tanque 211 de almacenamiento de producto químico. Con base en el análisis de los datos y los algoritmos de control, se inyecta una dosificación optimizada del producto químico antiensuciamiento mediante la bomba 210 de inyección en la línea de proceso en el punto 212 de inyección.

Se pueden prever otros esquemas, y esta realización no pretende ser limitante a una pieza específica de equipo de proceso, metodología de adquisición de datos, configuración de alimentación o mecanismo de control. Se podría

prever una realización preferida para adicionalmente recolectar datos y/o inyectar productos químicos antes del almacenamiento en tanques cuando la alimentación del proceso en bruto se descarga del transporte a la refinería.

- 5 Los equipos de proceso en los que los expertos en la técnica podrían imaginar un esquema similar, pero no limitado al descrito anteriormente son: trenes de intercambiadores de precalentamiento de la unidad de fraccionamiento en la unidad de crudo y en la unidad de hidrotratamiento; intercambiadores en circuito FCCU de lodo y generadores de vapor; equipos de intercambiadores de calor en unidades de coquización, hornos y calderas de retardo en toda la extensión de la refinería.

**REIVINDICACIONES**

1. Un procedimiento para reducir y optimizar la tasa de ensuciamiento en una unidad (201,202,203,204,205,206) de proceso que comprende los pasos de:
  - 5       estimar (208) una concentración y distribución de tamaño de partícula de materiales de ensuciamiento contenidos dentro de una materia prima o mezcla de materia prima de la unidad de proceso;
  - determinar (209) el potencial de ensuciamiento con base en dicha concentración y distribución;
  - 10       determinar (209) el impacto del producto (211) químico antiensuciamiento en el potencial de ensuciamiento dentro de la unidad que comprende el uso de modelos predictivos para derivar parámetros estadísticos representativos del impacto del producto químico antiensuciamiento en la tasa de ensuciamiento y la cantidad de producto químico necesaria para proporcionar una longitud de ejecución adecuada, de acuerdo con los planes de mantenimiento planificados;
  - determinar un potencial de ensuciamiento de línea base aceptable;
  - 15       comparar dicho potencial de ensuciamiento de línea base con el potencial de ensuciamiento determinado con base en dichas concentración y distribución estimadas de materiales de ensuciamiento medidos durante operaciones posteriores de la unidad; y
  - regular la entrada (210) de dicho producto (211) químico antiensuciamiento en dicha unidad de proceso durante el desempeño de las operaciones de la unidad en función de dicha comparación y de acuerdo con dichos parámetros estadísticos derivados para lograr uno o más objetivos de la unidad, incluida la selección y el control de tipo o cantidad de dicho producto (211) químico antiensuciamiento que se introduce en la unidad.
- 20   2. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que dichos objetivos de unidad incluyen rendimiento mejorado, calidad mejorada y mantenimiento relacionado con ensuciamiento reducido.
3. El procedimiento de la reivindicación 1, que comprende además el uso de mediciones múltiples, ya sea dentro de la unidad o en sus corrientes de alimentación, para determinar el impacto del producto (211) químico introducido sobre las concentraciones de agentes de ensuciamiento.
- 25   4. El procedimiento de la reivindicación 3, que comprende además el uso de múltiples ubicaciones (212) de inyección de productos químicos dentro y/o fuera de los límites de la unidad.
5. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que dicha etapa de estimación se ejecuta usando un aparato que comprende:
  - 30       un sistema (10, 200) de lente óptica que comprende una etapa (15) adaptada para recibir una muestra (120) de fluido;
  - una fuente (12) de luz para enfocar un haz (100) de luz sobre dicha muestra (120);
  - medios (14) de dirigir dicho haz de luz a lo largo de una pluralidad de longitudes de trayectoria dentro de un área predeterminada de dicha muestra (120);
  - 35       medios (16) para detectar la luz (13) transmitida a través de dicha muestra (120) a lo largo de cada longitud de trayectoria;
  - medios (18) para cuantificar una intensidad de dicha luz (13) transmitida; y
  - medios (20) para correlacionar dicha luz (13) transmitida cuantificada con una concentración y distribución de dichas partículas de ensuciamiento en dichas muestras (120).
- 40   6. Un sistema para reducir y optimizar la tasa de ensuciamiento en una unidad (201,202,203,204,205,206) de proceso que comprende:
  - un sistema (10, 200) de lente óptica que comprende una etapa (15) adaptada para recibir una muestra (120) de materia prima o mezcla de materia prima de la unidad de proceso;
  - una fuente (12) de luz para enfocar un haz (100) de luz sobre dicha muestra (120);
  - 45       medios (14) para dirigir dicho haz de luz a lo largo de una pluralidad de longitudes de trayectoria dentro de un área predeterminada de dicha muestra (120);
  - medios (14) para detectar la luz (13) transmitida a través de dicha muestra (120) a lo largo de cada longitud de trayectoria;

## ES 2 804 329 T3

medios (18) para cuantificar una intensidad de dicha luz (13) transmitida; y

medios (20) para correlacionar dicha luz (13) transmitida cuantificada con una estimación de la distribución de concentración y tamaño de dichas partículas de ensuciamiento en dichas muestras (120);

medios (209) para determinar el potencial de ensuciamiento basado en dicha concentración y distribución;

5 medios (209) para determinar el impacto del producto (211) químico antiensuciamiento en el potencial de ensuciamiento dentro de la unidad que comprende el uso de modelos predictivos para derivar parámetros estadísticos representativos del impacto del producto químico antiensuciamiento en la tasa de ensuciamiento, y la cantidad de producto químico necesario para proporcionar una cantidad adecuada de producto químico para proporcionar una longitud de desempeño adecuada, de acuerdo con los cronogramas de mantenimiento planificados;

10

medios para determinar un potencial de ensuciamiento de línea base aceptable;

medios para comparar dicho potencial de ensuciamiento de línea base con el potencial de ensuciamiento determinado con base en dicha concentración y distribución estimadas de materiales de ensuciamiento medidos durante las operaciones unitarias posteriores; y

15 medios (210) para regular la entrada de dicho producto (211) químico antiensuciamiento en dicha unidad de proceso durante el funcionamiento de las operaciones de la unidad con base en dicha comparación y de acuerdo con dichos parámetros estadísticos derivados para lograr uno o más objetivos de la unidad, incluyendo la selección y control del tipo o cantidad de dicho producto (211) químico antiensuciamiento que se introduce en la unidad.

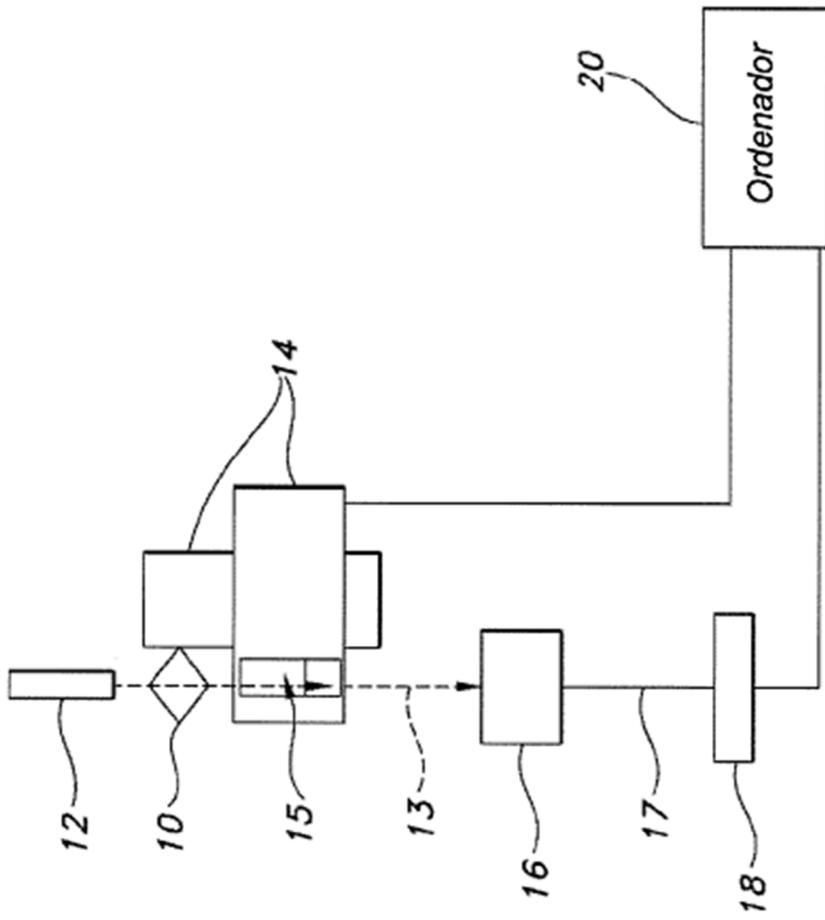


FIG. 1

GE Betz Vlabreaker (Excel VIB)

## Infraestructura GE Tecnologías de agua y proceso

**Ajuste de adquisición de escaneo.**

Unidad#  Comando#  Datos (um)

**Ajuste de adquisición de escaneo**

# de escaneos

Longitud de camino (mm)

Espaciamiento de escaneo (um)

Velocidad de ejes (um/s)

Área efectiva (mm<sup>2</sup>)

**Parámetros de adquisición y análisis**

Cliente

Sitio

Nombre de muestra

Fecha

Operador

Cuenta integrada  +/-

Falta de homogeneidad (/mm<sup>2</sup>)  +/-

Variación del escaneo de línea (#)

Ruido medio

Ruido sigma

C:\reduccion de viscosidad y datos

Archivo Nombre del archivo

C:\reduccion de viscosidad y datos\GE\_debug\_11.xls

Comando para Inicializar

Cierre de puerto de Com.

Posición del foco

Adquirir

Analizar

Reportar

Ver 2.0

INICIO

Salir

Escaneo

Análisis

Para anular: "Ctrl-Ruptura"

FIG. 2

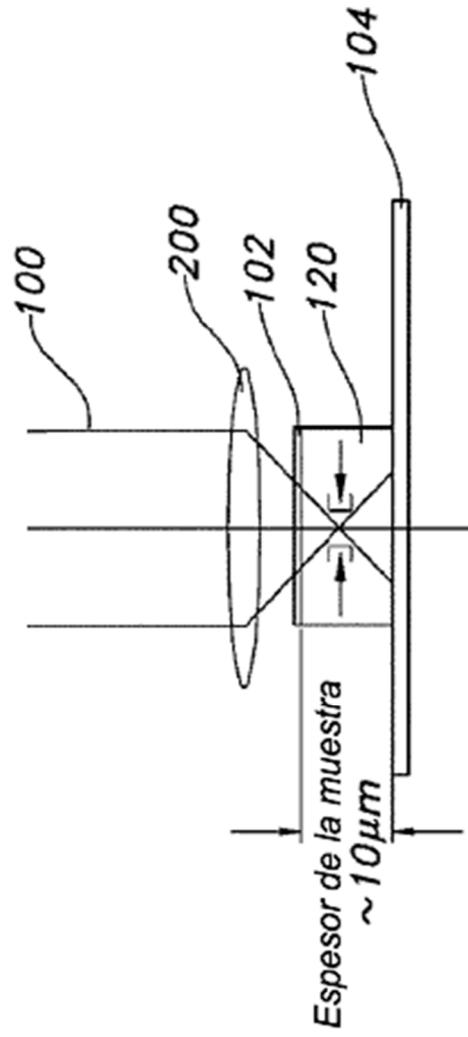


FIG. 3

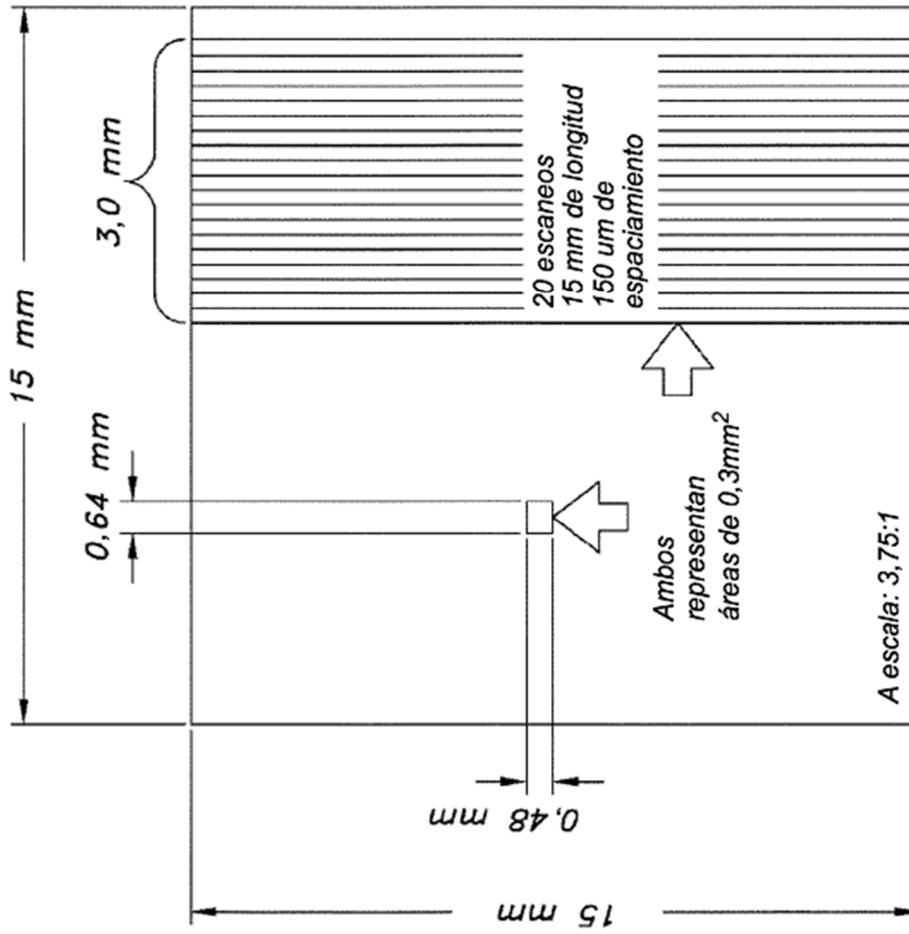


FIG. 4

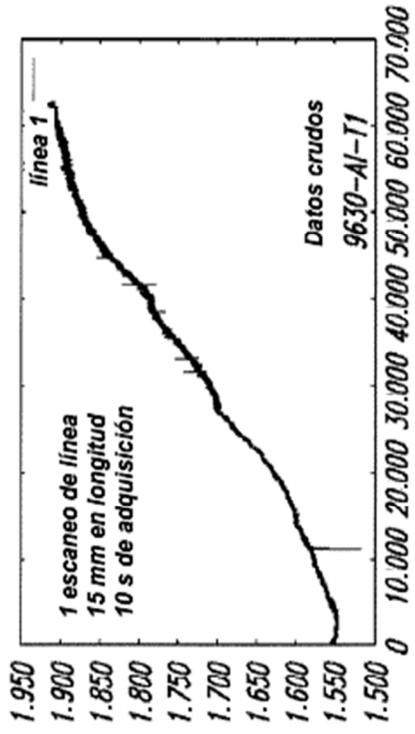


FIG. 5

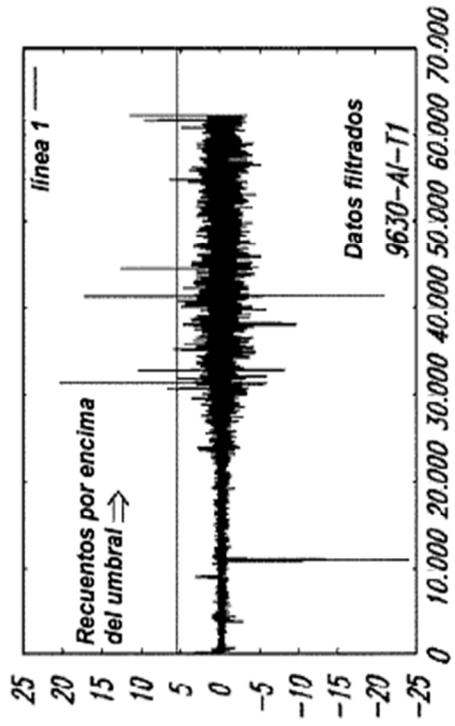


FIG. 6

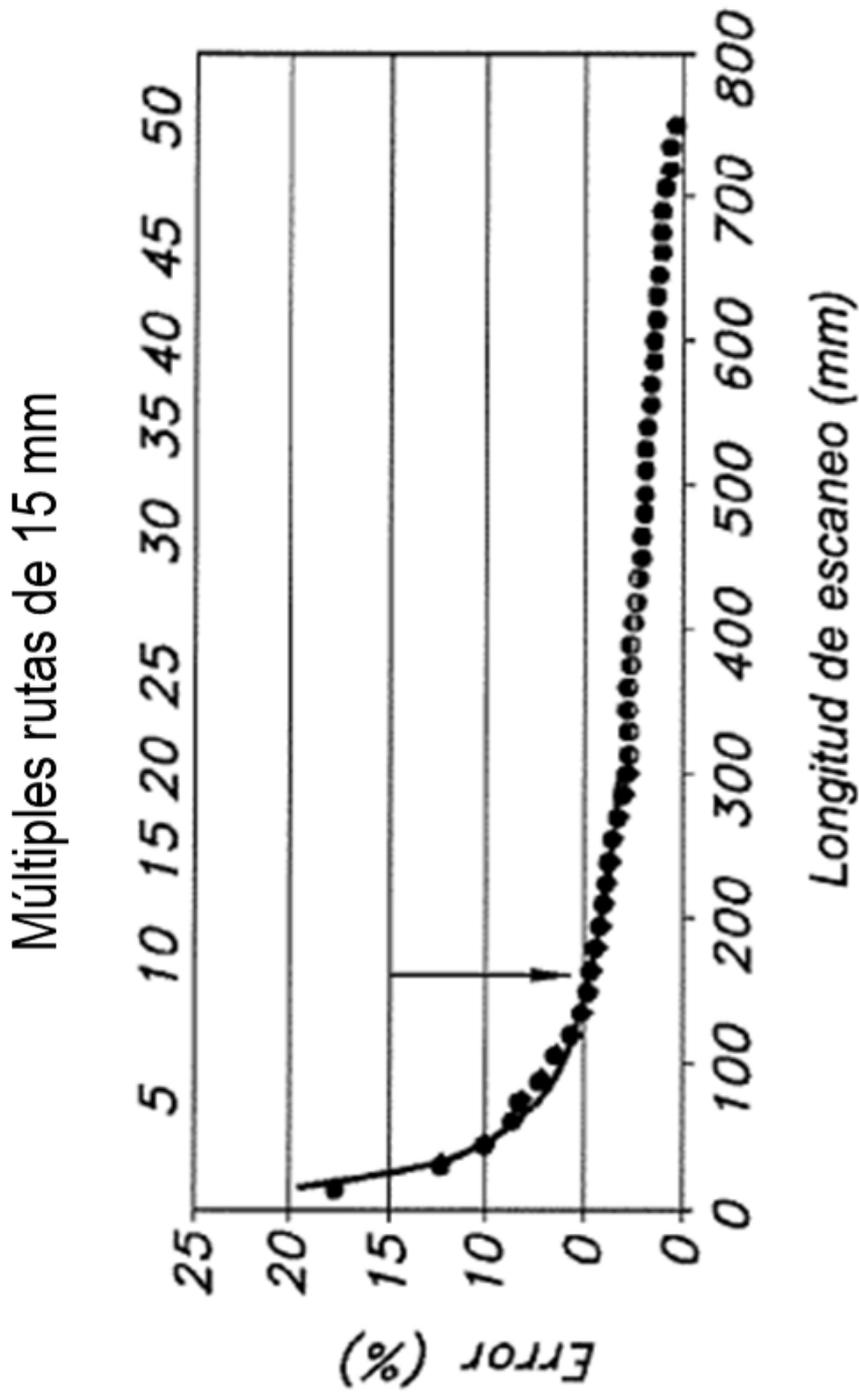


FIG. 7

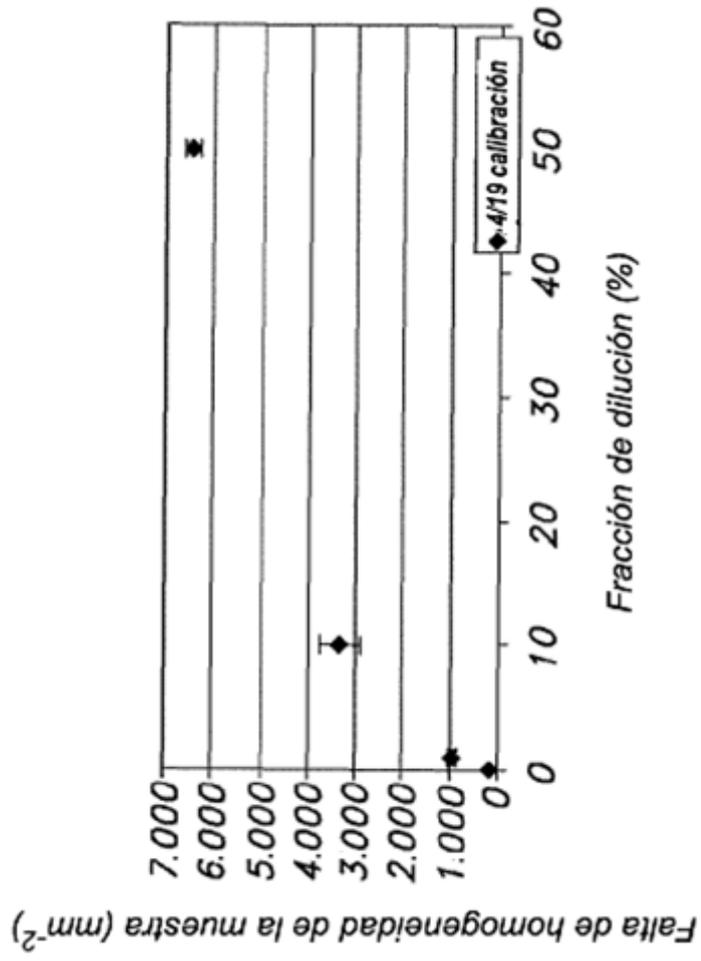


FIG. 8

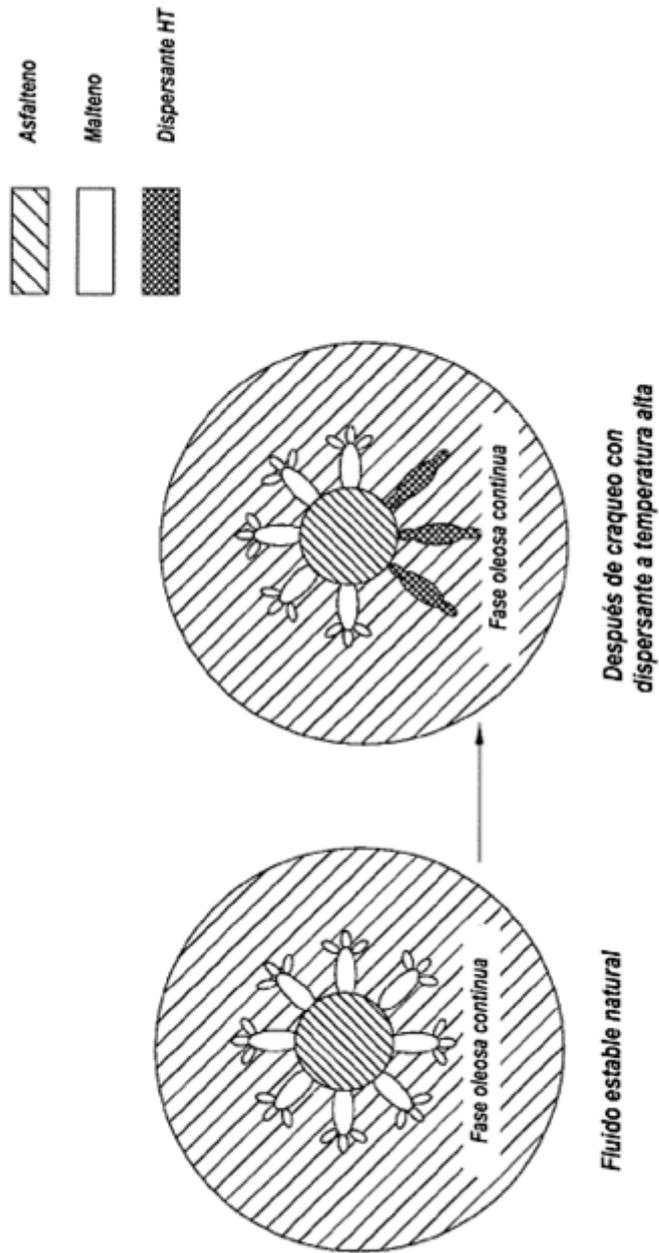


FIG. 9

Aplicación de conversión por reducción de viscosidad

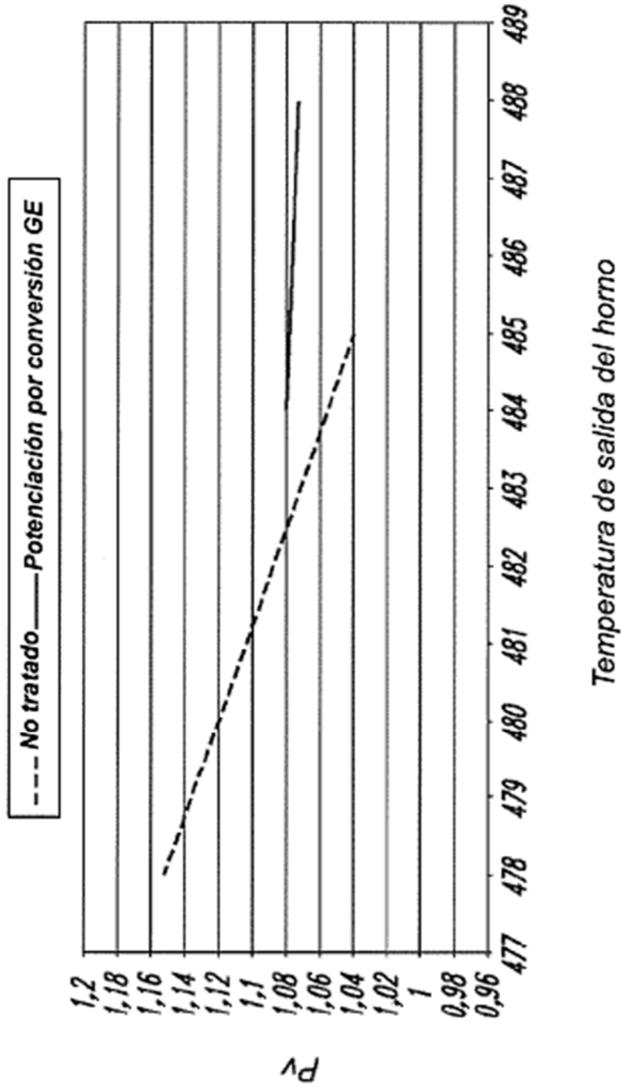


FIG. 10

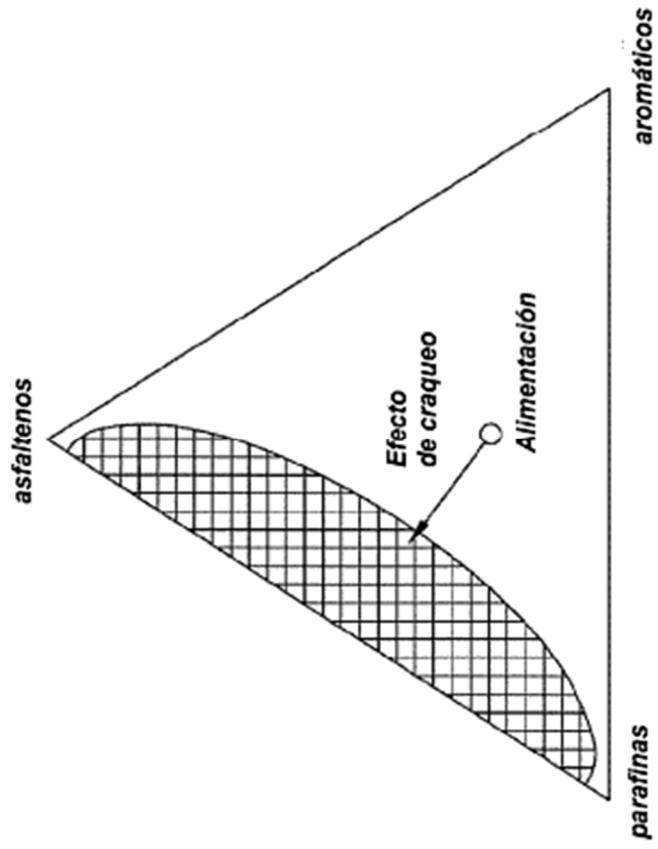
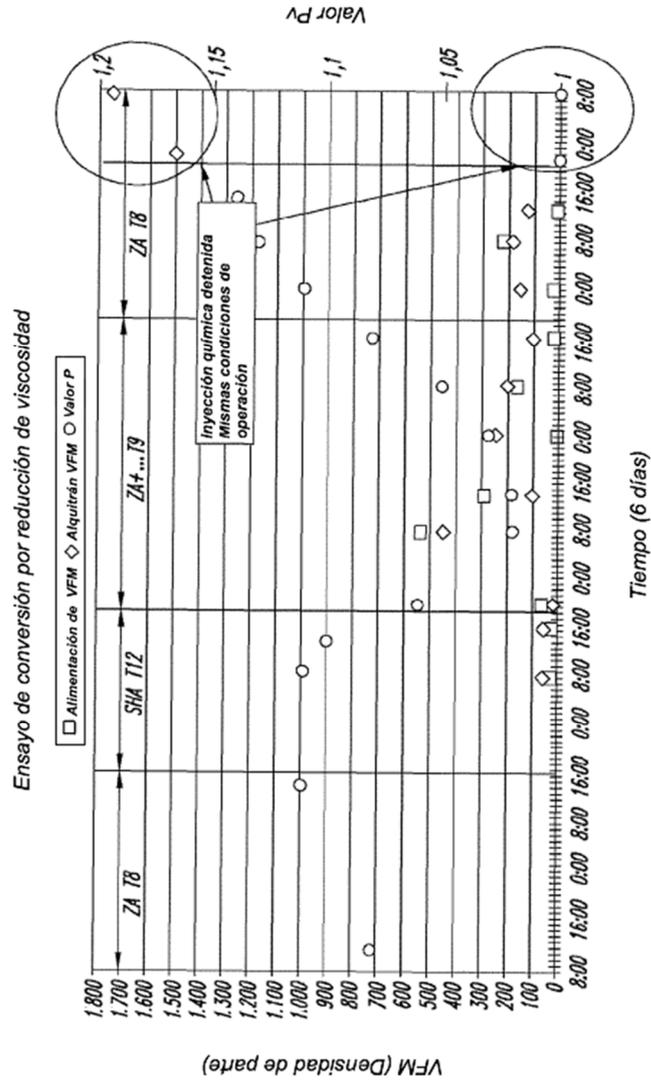


FIG. 11



**FIG. 12**

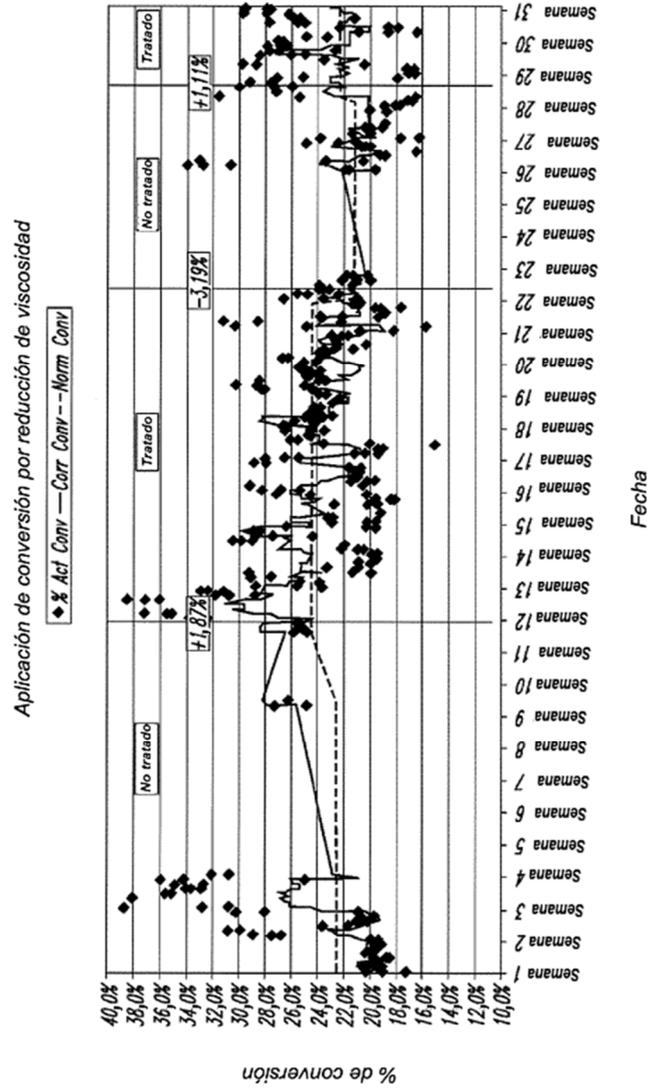


FIG. 13

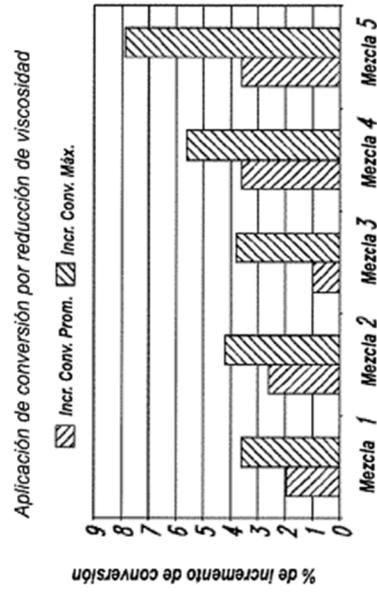


FIG. 14B

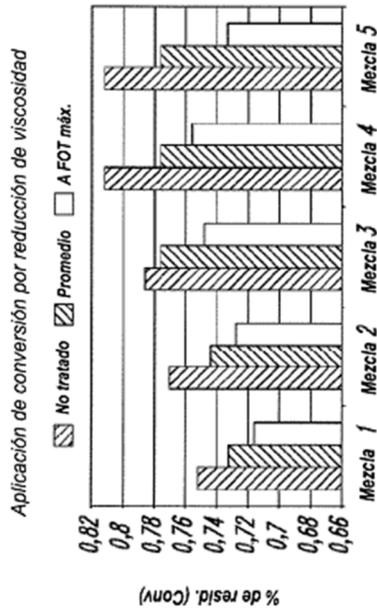


FIG. 14A

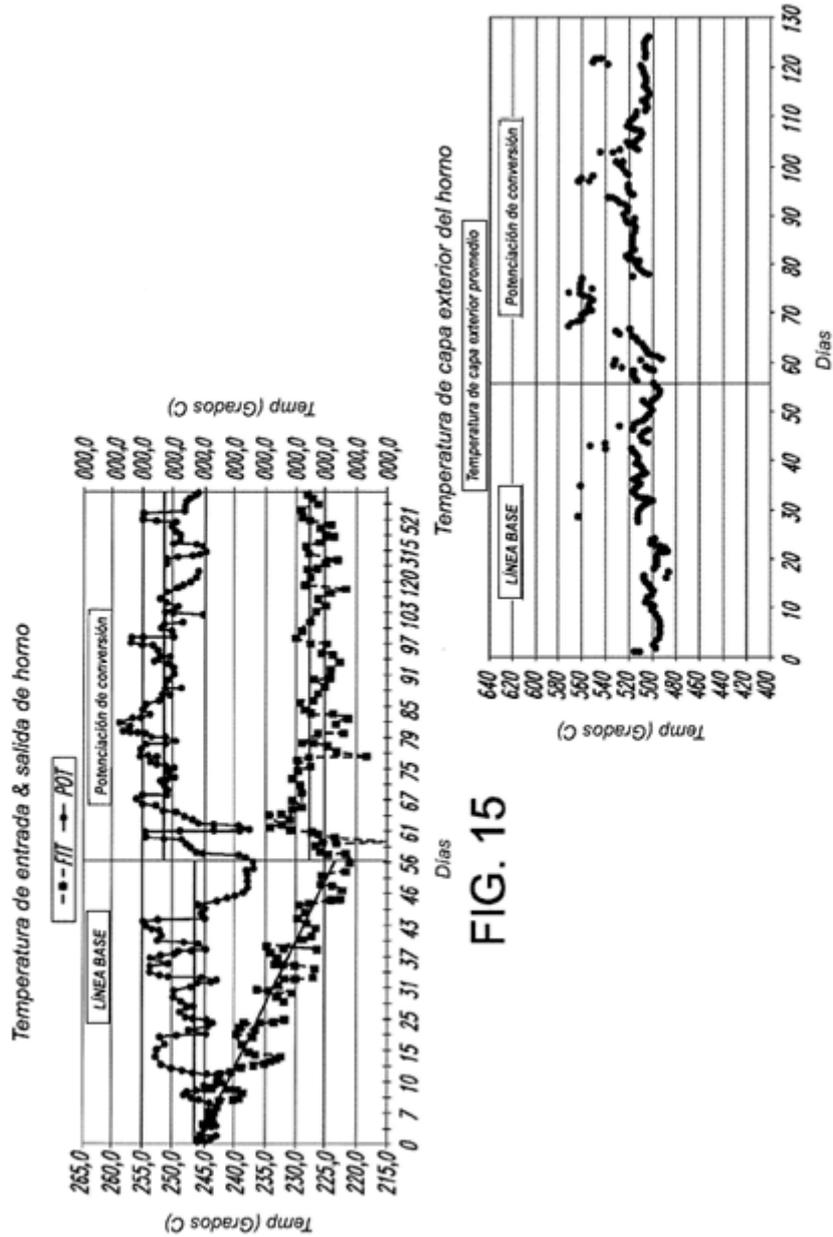


FIG. 16

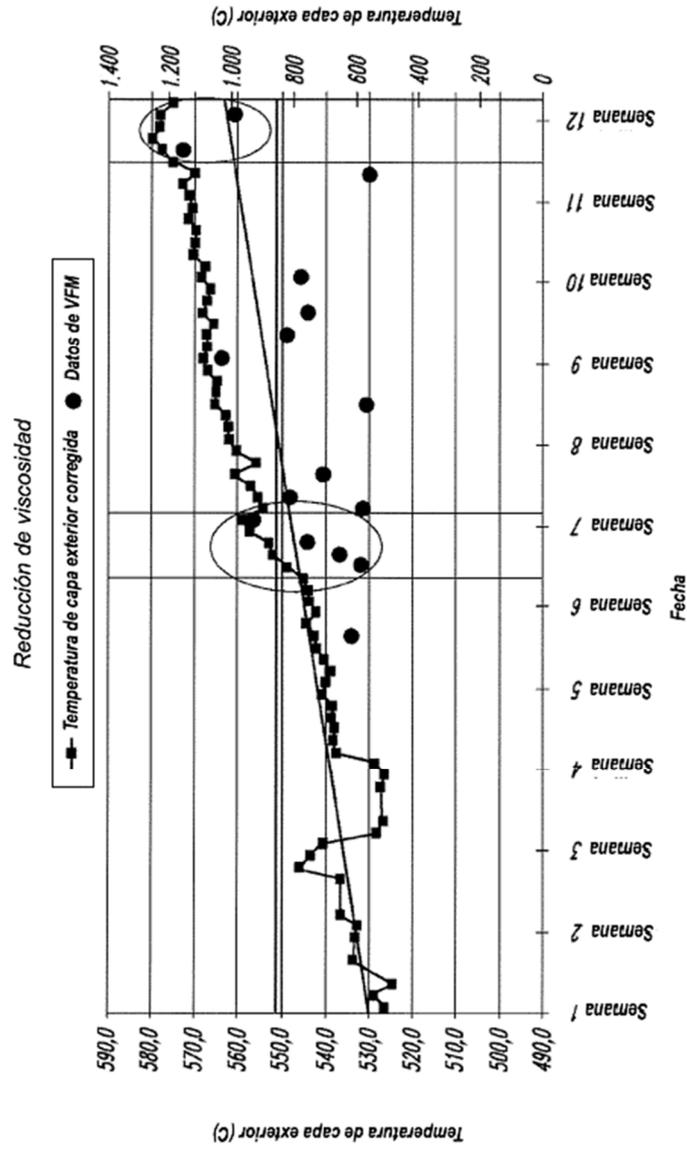


FIG. 17

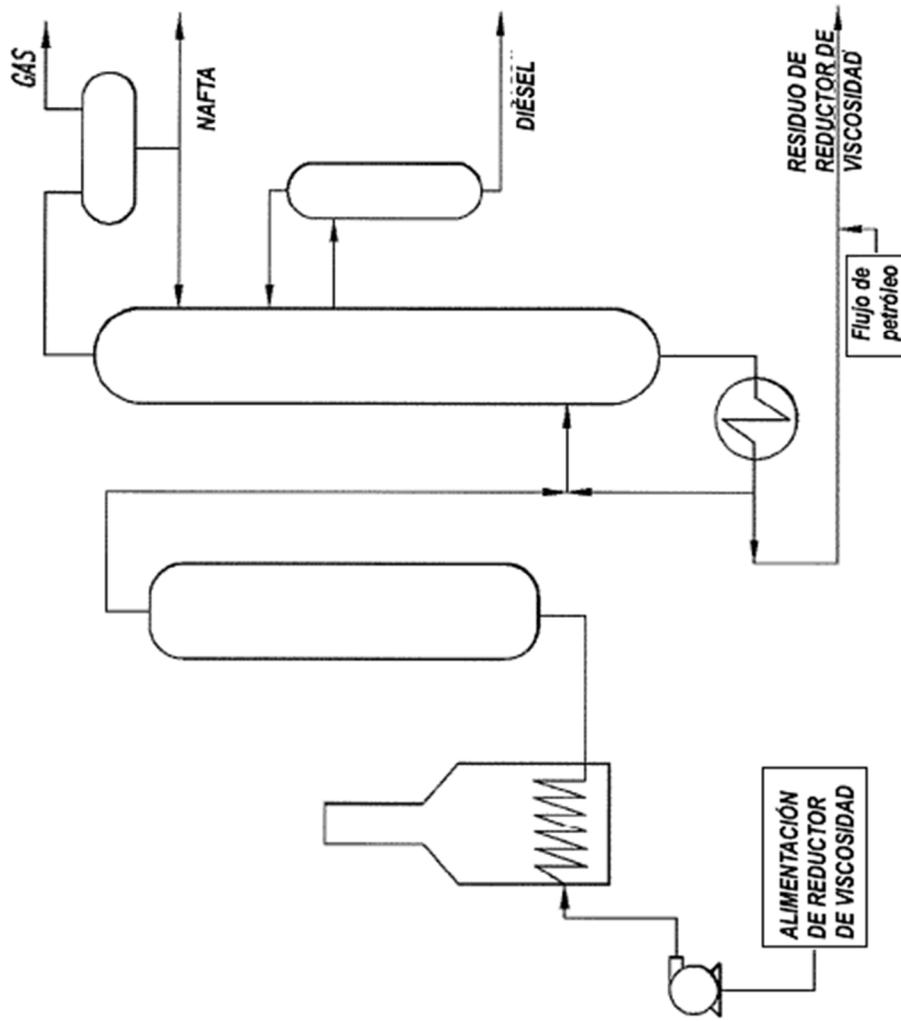


FIG. 18

ENTRADA	
Muestra	20,0 gr
Pv min	1,01
Pv max	1,20
	0,19
	4

Muestra	Pv probado	Heptano (ml)	Muestra real (g)	Pv real probado	VFM# de parte/cm	Valor de VFM
0	1,000	0,000	20,05	1,000	625	
1	1,010	0,089	19,92	1,010	648	
2	1,058	0,509	20,00	1,058	710	
3	1,105	0,929	20,10	1,104	952	
4	1,153	1,350	20,00	1,153	850	
5	1,200	1,770	20,10	1,199	800	
6						Prueba de Pv
7						
8						

FIG. 19A

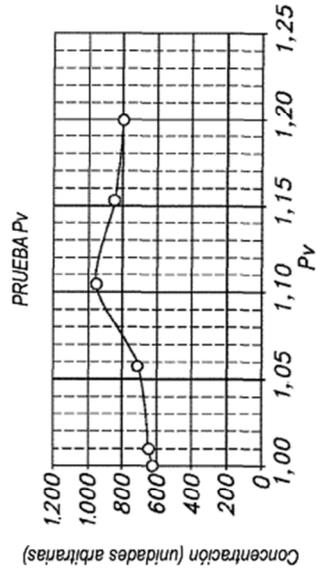


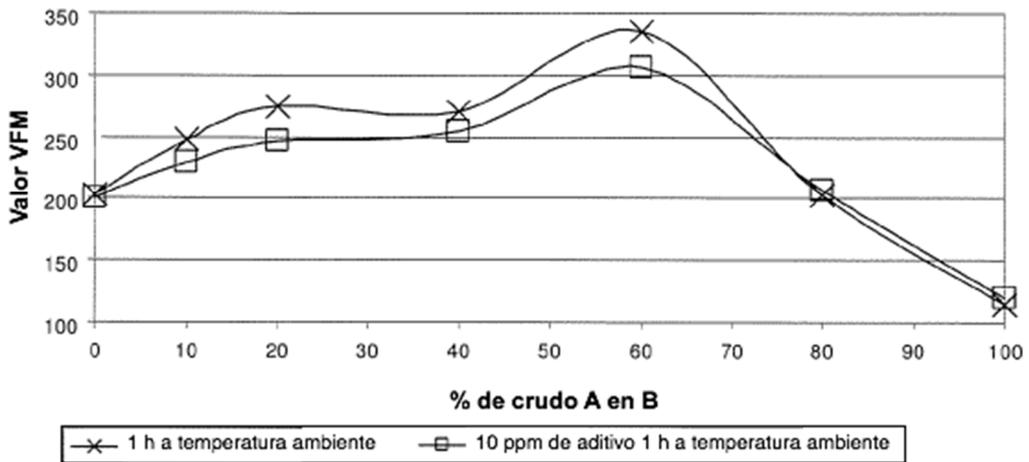
FIG. 19B

**Análisis de VFM con/sin tratamiento**

% de Azeri	1 h a temperatura ambiente	10ppm 7R30E 1h a temperatura ambiente	Asumiendo NO Interacción	Interacción	Interacción con 7R30E	Efecto de 7R30E
0	203	200	203	0	-3	-3
10	248	230	194,1	53,9	35,9	-10
20	274	247	185,2	88,8	61,8	-27
40	270	255	167,4	102,6	87,6	-15
60	335	307	149,6	185,4	157,4	-28
80	203	207	131,8	71,2	75,2	4
100	114	120	114	0	6	6

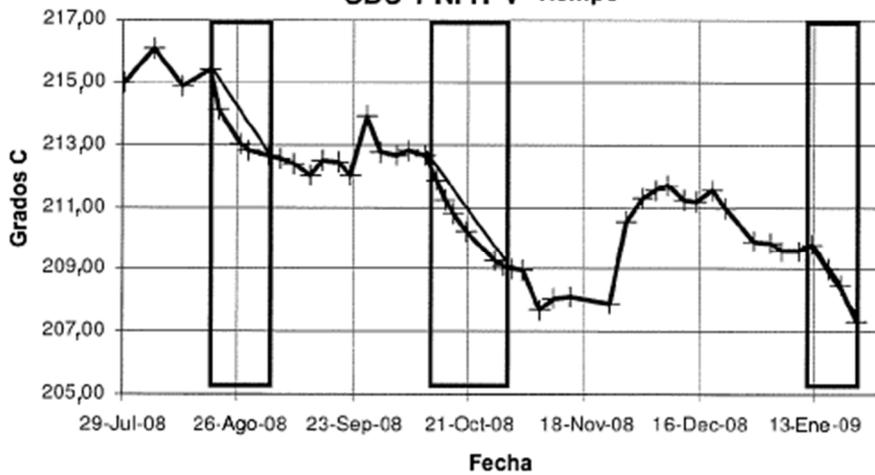
**FIG. 20**

**Interacción de la mezcla con y sin aditivo**



**FIG. 21**

**CDU 1 NFIT V Tiempo**



**FIG. 22**

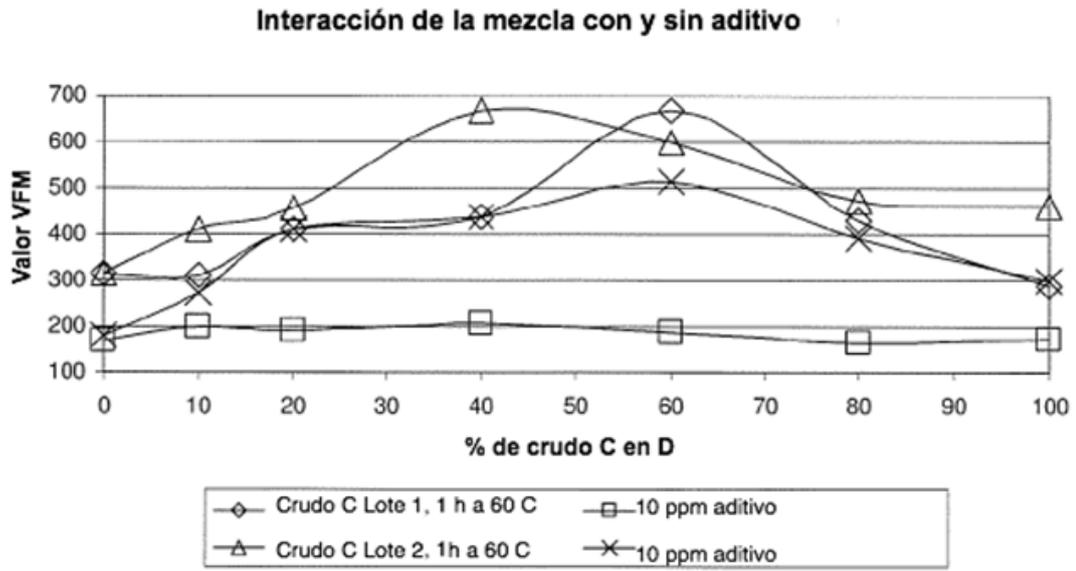


FIG. 23

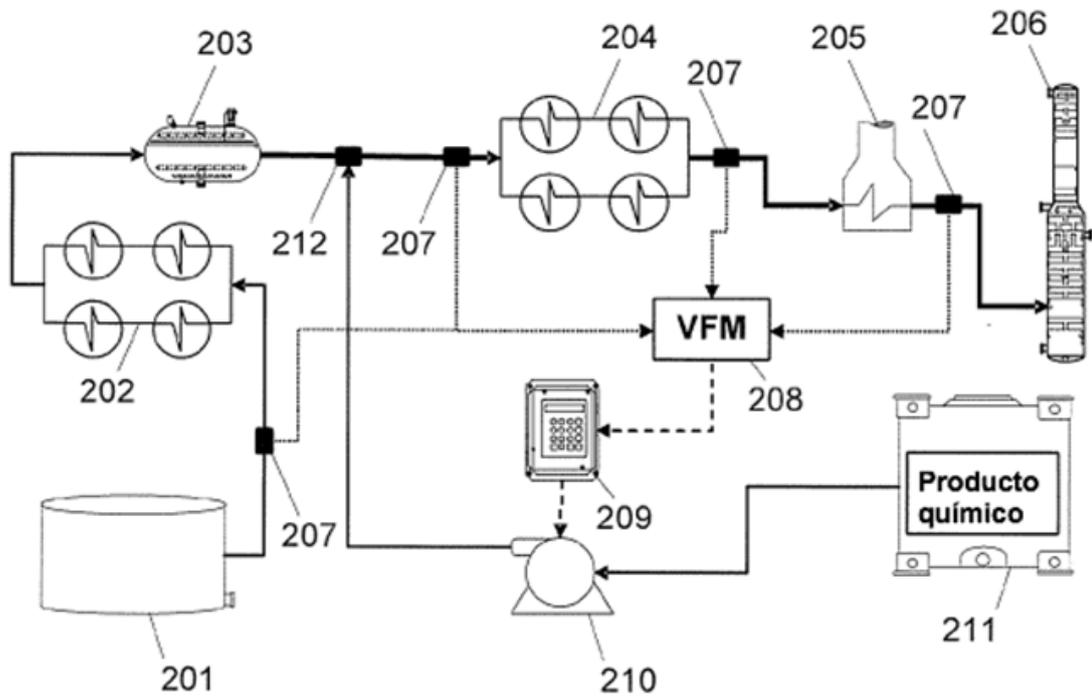


FIG. 24