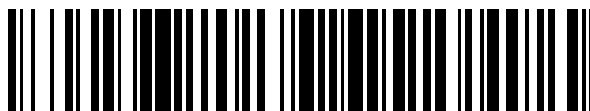


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 575 910**

51 Int. Cl.:

B01D 21/26 (2006.01)
C02F 1/38 (2006.01)
B01D 17/04 (2006.01)
B03D 1/00 (2006.01)
B01D 21/00 (2006.01)
B01D 17/02 (2006.01)
B01D 19/00 (2006.01)
B01D 21/24 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.04.2008 E 08742445 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.03.2016 EP 2136897**

54 Título: **Sistemas y métodos para la separación de líquidos**

30 Prioridad:

03.04.2007 US 909769 P

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

04.07.2016

73 Titular/es:

**SIEMENS ENERGY, INC. (100.0%)
4400 Alafaya Trail
Orlando, FL 32826, US**

72 Inventor/es:

**HOWDESHELL, MICHAEL;
GODEAUX, EDWARD J.;
HAYATDAVOUDI, ASADOLLAH y
COOLEY, CURTIS D.**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 575 910 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

Sistemas y métodos para la separación de líquidos

Solicitudes relacionadas

5 Esta solicitud reivindica prioridad bajo 35 USC § 119 (e) de la Solicitud Provisional de los Estados Unidos Serie No. 60/909.769, titulada "SEPARACIÓN DE HIDROCARBUROS DE UN MEDIO ACUOSO", presentada el 3 de abril de 2007.

Antecedentes de la invención

Campo de la invención

10 La presente invención se relaciona con sistemas y métodos para separar componentes en una mezcla de fluidos y, en particular, a sistemas y métodos para la separación de fluidos que tienen diferentes densidades.

Discusión de la técnica relacionada

15 Existe un deseo reconocido en múltiples industrias, incluyendo, por ejemplo, el petróleo y el gas, procesamiento de alimentos, transporte marítimo, y generación de energía para limpiar o reparar agua generada en plantas u otras instalaciones de procesamiento utilizadas en estas industrias. El agua de proceso, a menudo contiene contaminantes incluyendo hidrocarburos tales como petróleo, así como otros contaminantes y sólidos en suspensión, es un subproducto común de operaciones en estas industrias. En particular, la producción de pozos de petróleo y gas y el refinamiento de estos fluidos producen aguas residuales contaminadas con hidrocarburos.

20 Un número de dispositivos y sistemas se utilizan por lo general para facilitar la recuperación de agua de aguas residuales contaminadas por la separación de petróleo del agua en el agua residual. Tales dispositivos incluyen hidrociclones, aparato de separación por gravedad, sistemas de flotación de aire/gas, y sistemas de colector de petróleo/gas.

US4214982 describe un proceso para eliminar la tinta de la impresora de una suspensión de fibras que incluye un generador de vórtice en la base de un envase y una salida de espuma de la que la tinta y espuma química es extraída.

25 US5080792 describe un aparato para separar líquidos inmiscibles utilizando separación centrífuga de los fluidos.

GB2423490 describe un separador para separar petróleo, agua, gas y sólidos a partir de la producción de hidrocarburos de los fluidos del pozo utilizando un ciclón.

Resumen de la invención

30 De acuerdo con una o más realizaciones, la invención se relaciona en general con sistemas y métodos para la separación de componentes de una mezcla de fluidos, tales como petróleo y los contaminantes sólidos del agua. De acuerdo con la presente invención, un aparato para separar una mezcla de fluidos comprende un recipiente, una zona de generación de vórtice que tiene una pared cónica colocada dentro del recipiente, la zona de generación de vórtice tiene un extremo superior y un extremo inferior, el extremo superior tiene una sección transversal de área menor que la del extremo inferior, la zona de generación de vórtice construida y dispuesta para dirigir la mezcla de fluidos hacia arriba; una entrada de fluido en una parte inferior de la zona de generación de vórtice, para la introducción de la mezcla de fluidos en la porción inferior de la zona de generación de vórtice, la entrada que se extiende en la zona de generación del vórtice en un ángulo que tiene un componente tangencial a una pared interna de la zona de generación del vórtice en un punto en la pared interna próxima a la entrada de fluido, con lo que la mezcla de fluidos se eleva a través de la zona de generación de vórtice cuando la sección transversal del área de la zona de generación de vórtice se reduce. El aparato comprende además una salida de fluido conectada de manera fluida al recipiente por encima del extremo superior de la zona de generación de vórtice y una entrada de gas que se extiende en la zona de generación de vórtice, en donde la entrada de gas en la zona de generación de vórtice está en un ángulo entre cero y 45 grados por encima de un eje horizontal, o por debajo del eje horizontal.

45 Otro aspecto de la invención se dirige a un método para separar una mezcla de fluidos. El método comprende proporcionar una mezcla de fluidos que comprende un primer componente y un segundo componente, el primer componente tiene una densidad diferente de la densidad del segundo componente, y proporciona una zona de generación de vórtice que comprende una pared cónica colocada dentro de un recipiente, la zona de generación de vórtice tiene un extremo superior y un extremo inferior, el extremo superior tiene un área de sección transversal

inferior a la del extremo inferior, la zona de generación de vórtice está construida y dispuesta para dirigir la mezcla de fluidos hacia arriba. El método comprende además la introducción de la mezcla de fluidos en una porción inferior de la zona de generación de vórtice a través de una entrada de fluido que se extiende en la zona de generación de vórtice en un ángulo que tiene un componente tangencial a una pared interna de la zona de generación de vórtice en un punto en la pared interna en la proximidad de la entrada de fluido; la inducción de flujo ascendente de la mezcla de fluidos en la zona de generación de vórtice, por lo cual la mezcla de fluidos se eleva a través de la zona de generación del vórtice como el área reducida de la sección transversal de la zona de generación del vórtice; impartiendo un impulso de rotación limitado al primer componente y el segundo componente en la zona de generación de vórtice, y la introducción de gas en la mezcla de fluidos en la zona de generación de vórtice a través de una entrada de gas que se extiende en la zona de generación de vórtice, en donde la entrada (124) de gas en la zona de generación de vórtice está en un ángulo entre cero y 45 grados por encima de un eje horizontal, o por debajo del eje horizontal. El método también comprende la liberación del impulso de rotación limitado de la mezcla de fluidos para formar una primera zona que comprende la mezcla de fluidos rica en el primer componente y una segunda zona que comprende la mezcla de fluidos rica en el segundo componente, y la descarga de al menos una porción de la mezcla de fluidos rica en el primer componente de una primera salida de fluido del recipiente por encima del extremo superior de la zona de generación de vórtice.

Otras ventajas, novedosas características, y objetivos de la invención resultarán evidentes a partir de la siguiente descripción detallada de la invención cuando se considera en conjunción con los dibujos adjuntos.

Breve descripción de los dibujos

Los dibujos adjuntos, no están destinados a ser dibujados a escala. En los dibujos, cada componente idéntico o casi idéntico que se ilustra en diversas figuras se representa mediante un número similar. Por motivos de claridad, no todos los componentes pueden ser marcados en cada dibujo. Las realizaciones preferidas no limitantes de la presente invención se describirán con referencia a los dibujos adjuntos en los que:

La figura 1 es una vista en sección transversal lateral de un aparato de acuerdo con una realización de la presente invención;

La figura 2 es un diagrama de la velocidad de rotación del fluido en comparación con la forma cónica de la pared en un recipiente de acuerdo con una realización de la presente invención;

La figura 3 es una vista en sección transversal lateral de un aparato de acuerdo con otra realización de la presente invención;

La figura 4 es una vista en sección transversal lateral de un aparato de acuerdo con una realización adicional de la presente invención;

La figura 5 es una vista en sección transversal de arriba hacia abajo a través de la línea 5-5 de la figura 4 de un aparato de acuerdo con una realización de la presente invención;

La figura 6 es una vista en sección transversal parcial de un aparato de acuerdo con una realización adicional de la presente invención;

La figura 7 es un diagrama esquemático que ilustra un sistema de ordenador sobre el que pueden practicarse una o más realizaciones de la invención;

La figura 8 es una ilustración esquemática de un sistema de almacenamiento que puede ser utilizado con el sistema informático de la figura 7 de acuerdo con una o más realizaciones de la invención;

La figura 9 es una vista en sección transversal parcial de un aparato de acuerdo con una realización de la presente invención;

La figura 10 es un gráfico de la superficie del porcentaje de eficiencia frente al caudal de la bomba de acuerdo con una realización de la presente invención; y

La figura 11 es un gráfico de contorno del porcentaje de eficiencia frente al caudal de la bomba de acuerdo con una realización de la presente invención.

Descripción detallada

Esta invención no se limita en su aplicación a los detalles de construcción y la disposición de componentes expuestos en la siguiente descripción o ilustrados en los dibujos. La invención puede tener otras realizaciones y pueden ser practicadas o ser llevadas a cabo de diversas maneras. Además, la fraseología y terminología utilizada en este documento es con un propósito de descripción y no se deben considerar como limitantes. El uso de

5 "incluyendo", "que comprende" o "que tiene", "que contiene", "que implica", y variaciones de los mismos en este documento, pretende abarcar los elementos enumerados a partir de entonces y equivalentes de los mismos, así como artículos adicionales.

Tal como se utiliza en este documento, el término "mezcla de fluidos" incluye, pero no se limita a, mezclas de fluidos, mezclas de fluidos y sólidos, y mezclas de fluidos y/o sólidos y/o lodos.

10 En una mezcla de fluidos que comprende componentes de diferentes densidades, por ejemplo, agua y un hidrocarburo tal como petróleo, los componentes pueden estar separados al menos en parte mediante la inducción de un flujo de rotación a la mezcla de fluidos. Por ejemplo, si la mezcla de fluidos se coloca dentro de un recipiente y un flujo de rotación es impartida a la mezcla de fluidos sobre el interior del recipiente, un componente de fluido con una densidad menor migra hacia un eje central del flujo rotacional en respuesta a las fuerzas centrípeta y/o

15 centrífugas generadas por el flujo rotacional. Un fluido con una densidad superior migra hacia una periferia del flujo rotacional en respuesta a la fuerza centrípeta generada por el flujo de rotación. Un fluido rico en los componentes menos densos podría ser retirado de un área próxima al eje central de la mezcla de fluidos de rotación. Alternativa o adicionalmente, un fluido rico en los componentes más densos puede ser retirado de un área próxima a la periferia de la masa de la mezcla de fluidos que fluye rotacionalmente.

20 Mezclas de fluidos que comprenden componentes de diferentes densidades también se pueden separar con el tiempo por separación gravitacional. Si una mezcla de fluidos que contiene un componente menos denso como el petróleo y un componente más denso como el agua se le permite asentarse en un recipiente en un estado no agitado, con el tiempo de los componentes menos densos suben y los componentes más densos bajan, lo que resulta en un fluido rico en el componente menos denso en un nivel superior de la mezcla de fluidos y un fluido rico en el componente más denso en una parte inferior de la mezcla de fluidos. Este proceso de separación puede

25 acelerarse mediante, por ejemplo, ponerle en contacto con las burbujas de gas que tienen una densidad menor que la del componente menos denso, con el componente menos denso en la mezcla de fluidos. Las burbujas de gas pueden ponerse en contacto con el componente menos denso en una serie de maneras, incluyendo, por ejemplo, mediante la introducción de un fluido que contiene gas disuelto en una mezcla de fluidos que se va a separar, o

30 mediante la introducción de gas en forma de burbujas directamente en la mezcla de fluidos. La mezcla de fluido y gas puede ser mezclada adicionalmente para llevar las burbujas de gas, el gas disuelto, o burbujas de gas que se forman a partir del gas disuelto, en contacto con el componente menos denso. En algunos casos, una parte del gas se puede difundir en el componente menos denso, lo que aumenta la flotabilidad del componente menos denso. Un sistema de separación por flotación de gas puede también, en algunos casos, ser asistido por la introducción de

35 calor a la mezcla de líquidos y/o gas.

Diversas realizaciones de aparatos y métodos de separación de una mezcla de fluidos de acuerdo con la presente invención pueden comprender uno o más de estos métodos para inducir la separación de uno o más componentes menos densos a partir de uno o más componentes densos en una mezcla de fluidos. En la siguiente descripción de diversas realizaciones de la presente invención, la separación de los componentes en una mezcla de fluidos se describe en términos de la separación de una mezcla de fluidos que incluye un componente de hidrocarburo y el

40 agua en un fluido rico en el componente de hidrocarburo y un fluido rico en agua, pero se ha de entender que las diversas realizaciones de la presente invención no se limitan a la separación de una mezcla de fluidos en un componente rico en hidrocarburos y un componente rico en agua. Diversas realizaciones de la presente invención se pueden utilizar para separar cualquiera de un número de diferentes mezclas de fluidos en cualquiera de una serie de diferentes componentes sobre la base de diferentes densidades. Por ejemplo, el sistema y método de las realizaciones de la presente invención se pueden usar para separar una mezcla que contiene hidrocarburos de diferente densidad, mezclas de fluidos biológicos de diferentes densidades, una mezcla de H₂O (agua normal) y D₂O (agua pesada), una mezcla de agua y salmuera pesada, o una suspensión espesa de arena de alquitrán que tiene betún y otros sólidos.

50 En algunas realizaciones, los componentes del fluido que se va a separar no necesitan tener diferentes densidades. En estas realizaciones, las densidades efectivas de los componentes pueden ser alteradas como parte del proceso de separación. En algunas realizaciones, una característica de un componente puede ser cambiada mediante, por ejemplo, una reacción química para alterar la densidad del componente respecto a otro componente en una mezcla. Por ejemplo, si un primer componente de una mezcla de fluidos tiene una mayor afinidad por un gas que un segundo

55 componente, que el gas podría ser añadido a la mezcla para alterar la densidad del primer componente en relación con el segundo componente.

Aparatos de acuerdo con realizaciones de la presente invención que pueden realizar la separación de una mezcla de fluidos en general, pueden comprender un recipiente externo que aloja una estructura interior, en el cual un movimiento de rotación se puede impartir a una mezcla de fluidos introducido en el mismo. La estructura interna se denomina en este documento como una zona de generación de vórtice. En algunas realizaciones una o más entradas de fluido pueden proporcionarse para introducir fluido en la zona de generación de vórtice. Las entradas de fluido pueden estar dispuestas para introducir el fluido que se va a separar en la zona de generación de vórtice en un ángulo con una componente tangencial a una pared interior de la zona de generación de vórtice próxima a las entradas de fluido con el fin de inducir un flujo rotacional del fluido sobre el interior de la zona de generación de vórtice. Las entradas de fluido también pueden estar dispuestas para introducir el fluido que se va a separar a la zona de generación de vórtice en un ángulo hacia arriba con el fin de inducir un flujo ascendente de fluido a través de la zona de generación de vórtice.

Una o más entradas de gas pueden estar provistas para proporcionar gas en forma de burbujas o gas disuelto en la zona de generación de vórtice. El gas se puede poner en contacto con uno o más componentes de la mezcla de fluidos, lo que facilita el movimiento hacia arriba de los uno o más componentes relativos a uno o más de los otros componentes, en algunos casos mediante la alteración de la densidad efectiva de estos componentes. Esto puede facilitar la separación de los componentes de la mezcla de fluidos. El flujo rotacional del fluido en la zona de generación de vórtice puede inducir la separación de los componentes de fluidos con diferentes densidades efectivas a través de la acción de la fuerza centrípeta y/o centrífuga.

Por encima y alrededor de la zona de generación del vórtice dentro del recipiente de separación puede ser una zona de separación. Después de fluir a través de la zona de generación de vórtice, la mezcla de fluidos parcialmente separada puede entrar en la zona de separación. En la zona de separación, los componentes del fluido de menor densidad flotan hacia arriba mientras que los componentes más densos de fluidos caen hacia abajo. Se puede introducir gas adicional por las entradas de gas en la zona de separación para facilitar aún más la separación de los componentes del fluido.

Próximo a un extremo superior de la zona de separación, el fluido rico en el componente menos denso se puede retirar a través de una salida de fluido superior. Próximo a un extremo inferior de la zona de separación, un fluido rico en el componente más denso puede ser retirado a través de una salida de fluido inferior.

Se ilustrado en la figura 1 un aparato para separar una mezcla de fluidos en múltiples componentes constituyentes de acuerdo con un aspecto de la presente invención. El aparato comprende un recipiente 100 con paredes 102 laterales, una pared 104 superior, y una pared inferior 106. El recipiente 100 puede tener cualquier tamaño y forma apropiados para un propósito particular. El recipiente 100 puede, en algunas realizaciones ser cilíndrico, rectangular, cuadrado o redondo. El recipiente 100 puede tener una altura para proporcionar suficiente distancia para una cantidad deseada de separación de los componentes. La pared 102 lateral del recipiente en algunas realizaciones se curva formando de este modo un recipiente cilíndrico. La pared 104 superior y/o la pared 106 inferior puede, en algunas realizaciones, estar curvado como se ilustra en la figura 1, pero también puede ser plana, curvada de forma cóncava, o de cualquiera de varias configuraciones diferentes.

El recipiente 100 puede comprender una pared 112 cónica colocada dentro del recipiente. Se debe entender que el término "pared cónica" significa una pared que está en ángulo con respecto a un eje vertical en al menos una porción de la pared. La pared 112 cónica está conectada a la pared 106 inferior y define una zona 114 de generación de vórtice con una salida en un extremo. El área de la sección transversal de la zona 114 de generación de vórtice en una base próxima a la pared 106 inferior es mayor que un área de sección transversal en una salida de la zona 114 de generación de vórtice. Una altura de la pared 112 cónica puede ser suficiente para proporcionar el tiempo de permanencia deseado de una mezcla de fluidos en la zona 114 de generación de vórtice y/o una cantidad deseada de separación de componentes de una mezcla de fluidos introducido en la zona 114 de generación de vórtice. La conicidad de la pared 112 cónica puede ser constante, como se ilustra en la figura 1, o puede tener una o más regiones donde la tasa de conicidad aumenta o disminuye. La pared 112 cónica puede estar curvada. La pared 112 cónica puede estar en la forma de un cono truncado invertido que tiene un diámetro de sección transversal mayor en una base de un área de sección transversal en un extremo superior. El cono no tiene que ser uniforme en todas las regiones alrededor de la periferia de la pared 112 cónica.

La pared 112 cónica define una región interior del recipiente 100 que es denominada en este documento como zona 114 de generación de vórtice. Cuando está en uso, una mezcla de fluidos se introduce en una porción inferior de la zona 114 de generación de vórtice en un ángulo con un componente tangencial a la pared 112 cónica en un punto de introducción. Debido al ángulo de introducción, la mezcla de fluidos alcanza una cierta velocidad de rotación. Debido a la conservación del momento de rotación, la velocidad de rotación aumenta a medida que la mezcla de fluidos se eleva a través de la zona de generación del vórtice cuando el área de la sección transversal o el diámetro de la zona de generación de vórtice se hace más pequeño. El flujo de rotación induce a componentes menos densos de la mezcla de fluidos a migrar hacia el centro de la zona de generación de vórtice y los componentes más densos

a migrar hacia la pared 112 cónica debido a la acción de la fuerza centrípeta y/o centrífuga. Ya que la velocidad de rotación del fluido pasa hacia arriba a través, la zona de generación de vórtice aumenta, lo mismo ocurre con las fuerzas centrípetas y centrífugas experimentadas por los componentes del fluido, lo que puede conducir a una separación adicional de los componentes del fluido en el extremo superior de la zona de generación de vórtice.

5 La conicidad de la pared 112 cónica se puede seleccionar para proporcionar una velocidad de rotación de fluido dentro de la zona de generación de vórtice suficiente para separar los componentes del fluido a un grado deseado para un caudal de fluido particular. La conicidad de la pared 112 cónica de la zona de generación de vórtice también puede ser seleccionada para proporcionar un tiempo de permanencia de la mezcla de fluidos en la zona de generación de vórtice suficiente para permitir una mezcla apropiada y el contacto entre la mezcla de fluido y las burbujas de gas que se pueden introducir en la zona de generación de vórtice en adición a la mezcla de fluidos. Para una altura de recipiente dada, como la conicidad de la pared 112 se hace mayor, la velocidad de rotación en una región superior de la zona de generación de vórtice se hace mayor, y el tiempo de permanencia del fluido y el tiempo disponible en el que las burbujas de gas pueden ponerse en contacto con los componentes de fluido en la zona de generación del vórtice disminuye.

10 La figura 2 ilustra la velocidad resultante V_r contra la altura dentro de una zona de generación de vórtice en relación con un ángulo de conicidad de la pared 112 cónica de acuerdo con una realización de la invención con una zona de generación de vórtice que tiene una base de 27 pulgadas de diámetro y una velocidad resultante inicial V_r de fluido introducido de 0.046 pies/segundo. Se debe entender que la velocidad resultante significa la velocidad total del fluido, que comprende tanto los componentes verticales y horizontales, a diferencia de la velocidad de rotación que comprende sólo un componente horizontal. La velocidad V_r resultante se incrementará para diversos ángulos de la pared 112 cónica cuando se introduce un fluido con una velocidad resultante inicial V_r . En la figura 2, la velocidad resultante del fluido aumenta a medida que asciende la pared cónica. La tasa de aumento de la velocidad resultante aumenta a una altura dada cuando el ángulo de conicidad de la pared 112 cónica aumenta. A medida que la velocidad de rotación de la mezcla de fluidos aumenta, la superficie superior de la mezcla de fluidos puede comenzar a hacerse cóncava y formar una superficie parabólica de cuenco debido a las fuerzas centrípetas y centrífugas. Por ejemplo, para una zona de generación de vórtice con una altura de 2.5 pies, un diámetro de base de 27 pulgadas, y un flujo de entrada de agua oleosa de 145 galones/minuto, la concavidad de la superficie de la mezcla de fluido puede comenzar a desarrollarse si las paredes de la zona de generación de vórtice se estrechan en un ángulo de más de aproximadamente 5 grados de la vertical. En algunas realizaciones esta inclinación lateral puede interferir con la extracción del fluido desde la salida 120 del fluido superior.

15 Por lo tanto, puede ser deseable tener en cuenta tanto la velocidad de rotación y tiempo de permanencia del fluido en la zona de generación de vórtice cuando se selecciona un ángulo de conicidad de la pared 112 cónica. El ángulo de conicidad se puede seleccionar basándose en factores que incluyen, por ejemplo, el tamaño y la forma de la zona de generación de vórtice, el rendimiento de fluido a través del recipiente, y el método de extracción de los componentes menos densos de una mezcla de fluidos de la zona de generación y/o zona separación de vórtice. La pared 112 cónica en algunas realizaciones es generalmente cónica a un ángulo entre cero y aproximadamente 14 grados de la vertical para evitar un flujo turbulento dentro de la zona de generación y/o zona de separación de vórtice. En algunas realizaciones un ángulo de conicidad mayor que aproximadamente 14 grados puede dar lugar a un flujo turbulento dentro de la zona de generación y/o zona de separación de vórtice que puede resultar en la dispersión de gotitas o de un componente menos denso de la mezcla fluida en lugar de una coalescencia y separación de este componente de los componentes más densos de la mezcla de fluidos. En otras realizaciones, la conicidad puede ser entre aproximadamente 5 y aproximadamente 10 grados de la vertical. En algunas realizaciones un ángulo de conicidad mayor que aproximadamente 10 grados puede resultar en la distribución de la superficie de la mezcla de fluidos en el recipiente que puede ser suficientemente grande como para interferir con la eliminación de los componentes menos densos de una mezcla de fluidos de la zona de generación y/o zona separación de vórtice. En otras realizaciones, la forma cónica puede ser de aproximadamente nueve grados de la vertical.

20 La forma global y el volumen de la zona de generación de vórtice se pueden seleccionar con base en factores tales como el tipo de la mezcla de fluidos que se va a separar, el rendimiento deseado, y/o espacio total deseado del recipiente de separación. En muchos casos, se desean un mayor rendimiento y un espacio más pequeño. Como un ejemplo, un recipiente incluyendo una zona de generación de vórtice diseñado para separar el petróleo del agua con un caudal de 5.000 barriles/día (aproximadamente 145 galones/minuto) y configurado para encajar sobre una rampa con un tamaño de alrededor de 12 pies de largo por aproximadamente ocho pies de ancho pueden tener una zona de generación de vórtice, con un diámetro en su punto más ancho de alrededor de 27 pulgadas y un diámetro en su extremo superior de alrededor de 17.5 pulgadas, con una altura de aproximadamente 30 pulgadas y una conicidad de pared de aproximadamente 9 grados de la vertical para proporcionar la separación apropiada del agua aceitosa. Un recipiente incluyendo una zona de generación de vórtice de estas dimensiones puede en algunas realizaciones tener un espacio de aproximadamente 10 pies de largo por aproximadamente siete pies de ancho para permitir la colocación de unidades adicionales sobre la rampa, o el uso de una rampa más pequeña. Para mayores

rendimientos, la zona de generación del vórtice podría aumentar de tamaño, o el estrechamiento de la pared disminuir. En algunas realizaciones, las unidades adicionales, tales como, por ejemplo, unidades de tratamiento previo o post-tratamiento podrían ocupar la misma rampa como un recipiente de acuerdo con realizaciones de la presente invención.

5 Externa a la zona 114 de generación de vórtice está una zona 116 de separación. La zona 116 de separación se encuentra por encima y al lado de la zona 114 de generación de vórtice. El tamaño de la zona 116 de separación, incluyendo la altura de la zona de separación y el ancho de la zona de separación pueden ser seleccionadas para proporcionar un tiempo de permanencia deseado del fluido en la zona 116 de separación. La zona 116 de separación está definida por la pared 102 del recipiente, la pared 106 inferior, la pared 112 cónica, y la pared 118 interna superior. En la figura 1, de la pared 118 interna superior se ilustra que tiene una forma curvada en forma de cúpula, pero en algunas realizaciones de la pared 118 interna superior puede tener una curvatura diferente, ninguna curvatura en absoluto, o pueden tener una curvatura sólo a lo largo de una parte de su diámetro. La pared 118 superior interna incluye una salida 120 superior de fluido situada próxima a un eje vertical central del recipiente próximo a la zona 116 de separación y por encima de una región central de la zona 114 de generación de vórtice.

15 La salida 120 de fluido superior puede, en algunas realizaciones encontrarse por encima del extremo superior de la zona de generación de vórtice. En uso, la salida 120 superior de fluido es una salida para el fluido rico en un componente menos denso que el otro componente de una mezcla de fluidos que se introduce en el recipiente 100. Las paredes 120 de salida de fluido se ilustran en la figura 1 como verticales, pero esto no debe ser considerado una limitante. En algunas realizaciones, las paredes de salida 120 de fluido pueden estrecharse, o incluso ser inexistentes. La combinación de la pared 118 superior interna, la salida 120 de fluido, la pared 104 del recipiente superior, y la salida 108 de fluido del recipiente superior como se ilustra en las figuras 1, 3 y 4 pueden ser denominadas como un diseño de salida de fluido "cabeza-en-cabeza". En algunas realizaciones, las estructuras y los métodos alternativos pueden ser usados para extraer el fluido rico en un componente menos denso de una mezcla de fluidos de la zona 114 generación y/o zona 116 de separación de vórtice. Estas estructuras y métodos alternativos pueden incluir, por ejemplo, un colector, una bomba de succión y el tubo asociado, un acumulador de fluido en forma de cono, y un tubo de sifón.

El recipiente 100 también puede incluir una o más entradas 126 de fluido conectadas de forma fluida a la zona 114 de generación de vórtice. Aunque una entrada 126 de un fluido se ilustra en la figura 1, algunas realizaciones pueden incluir una pluralidad de entradas 126 de fluido. En funcionamiento, la entrada o entradas 126 de fluido suministran una mezcla de fluidos que se va a separar a la zona 114 de generación de vórtice del recipiente 100. En algunos métodos, un gas se puede introducir en una mezcla de fluidos que fluye a través de la entrada o entradas 126 antes de que el fluido entre en la zona 114 de generación de vórtice.

La entrada o entradas 126 de fluido pueden en algunas realizaciones colocarse en ángulo e introducir fluido en la zona de generación de vórtice en una dirección en ángulo hacia arriba desde un eje horizontal. En algunas realizaciones, la entrada o entradas 126 de fluido pueden introducir una mezcla de fluidos en la zona de generación de vórtice en un ángulo entre cero y aproximadamente diez grados por encima de un eje horizontal. En algunas realizaciones, un ángulo de introducción de fluido en la zona de generación de vórtice de más de aproximadamente diez grados por encima de un eje horizontal puede dar lugar a un tiempo de permanencia suficiente de la mezcla de fluidos en la zona de generación de vórtice para realizar la separación suficiente de los componentes de la mezcla de fluidos. En otras realizaciones, el ángulo de entrada de fluido puede estar entre aproximadamente uno y dos grados con el fin de proporcionar un mayor tiempo de permanencia de la mezcla de fluidos en la zona de generación de vórtice. En otras realizaciones, este ángulo puede ser de aproximadamente un grado.

En algunas realizaciones, los ángulos ascendentes de entrada o entradas 126 de fluido se pueden seleccionar para impartir un componente de velocidad hacia arriba a una mezcla de fluidos en la zona de generación de vórtice suficiente para proporcionar un tiempo de procesamiento o de permanencia deseado del fluido en la zona de generación de vórtice. Si una pluralidad de entradas 126 de fluido está presente, no tienen por qué todas están en ángulo con el mismo ángulo con respecto al eje vertical. Para realizaciones en las que se desea un gran tiempo de permanencia y/o un periodo de tiempo grande durante el cual el gas se puede poner en contacto con los componentes de la mezcla de fluidos en la zona de generación de vórtice, la entrada o entradas 126 de fluido pueden, por ejemplo, estar en un ángulo de 1.2 grados inclinado hacia arriba.

La entrada o entradas 126 de fluido pueden también en algunas realizaciones estar colocadas y en ángulo para introducir fluido en la zona de generación de vórtice en un ángulo que tiene un componente de vector tangente a una pared interna de la zona 114 de generación de vórtice en un punto en la pared interna próxima a la entrada o entradas 126 de fluido. Esto puede reducir la probabilidad de choques frontales del flujo de fluido y/o ayudar en la creación de flujo rotacional de fluido dentro de la zona de generación de vórtice. Choques frontales de flujos de fluidos dentro de la zona de generación de vórtice pueden en algunos casos resultar en turbulencia y creación de burbujas de gas más grandes por la coalescencia de burbujas de gas más pequeñas que pueden estar presentes en

la zona de generación de vórtice, lo que puede ser indeseable por razones que se explicarán más completamente a continuación. Si una pluralidad de entradas 126 de fluido está presente, no es necesario que todas estén con el mismo ángulo con respecto a una pared interna de la zona 114 de generación de vórtice en un punto en la pared interna próxima a cada entrada 126 de fluido.

5 El recipiente 100 puede tener múltiples salidas de fluido incluyendo una primera salida 108 de fluido y una segunda salida 110 de fluido. Las posiciones de la primera y la segunda salidas 108, 110 de fluido, pueden estar en cualquier lugar en las porciones superior o inferior de recipiente. En una realización, la primera salida 108 de fluido se encuentra en una parte superior del recipiente 100. La salida 108 de fluido puede ser una salida para componentes menos densos de una mezcla de fluidos. En otra realización, segunda salida 110 de fluido está colocada en una porción inferior del recipiente 100 y está conectada de manera fluida a la zona 116 de separación. La salida 110 de fluido puede ser una salida para los componentes más densos de una mezcla de fluidos. Aún en otra realización, la segunda salida 110 de fluido puede estar situada debajo de la entrada 122 de gas, cuando está presente para evitar o reducir al mínimo la eliminación de gas introducida por la entrada o entradas 122 de gas. Aún en otra realización, la segunda salida 110 de fluido puede estar situada al menos aproximadamente un pie por debajo de la entrada 122 de gas. Las salidas pueden tomar configuraciones y formas de cualquiera de las salidas de fluido conocidos en la técnica.

El recipiente de acuerdo con realizaciones de la presente invención puede incluir una o más entradas de gas para dirigir el gas a la zona de generación de vórtice, la zona de separación, o ambas. El gas introducido a través de estas entradas se puede introducir en forma de gas libre, burbujas de gas en un fluido, o como gas disuelto en un fluido.

Haciendo referencia a la figura 1, las entradas 122 de gas están conectadas de manera fluida a la zona 116 de separación y las entradas 124 de gas están conectadas de manera fluida a la zona de generación de vórtice. Las entradas 122 de gas están colocadas para suministrar un gas, o en algunas realizaciones, un fluido que comprende burbujas de gas o gas disuelto, en la zona 116 de separación del recipiente 100. En algunas realizaciones, estas entradas se colocan por encima de la salida 110 de fluido inferior. En algunas realizaciones, estas entradas están posicionadas al menos alrededor de un pie por encima de la salida 110 de fluido inferior. La colocación de las entradas 122 de gas suficientemente por encima de la salida 110 de fluido inferior puede reducir la cantidad de gas o de evitar que el gas introducido a través de las entradas 122 de gas sea atraído por cualquier fluido que fluya fuera de la salida 110 de fluido a través del recipiente inferior. Las entradas 124 de gas están colocadas para suministrar un gas, o en algunas realizaciones, un fluido que contiene gas, en la zona 114 de generación de vórtice del recipiente 100. Aunque dos de las entradas 122 y 124 de gas se ilustran en la figura 1, en algunas realizaciones una o más entradas 122 de gas puede estar provista para introducir gas en la zona de separación y una o más entradas 124 de gas pueden estar provistas para introducir gas en la zona de generación de vórtice.

En algunas realizaciones, las entradas 124 de gas pueden estar colocadas y en ángulo para introducir un gas o un fluido que contiene burbujas de gas o gas disuelto en la zona de generación de vórtice en un ángulo suficiente para impartir un componente de velocidad hacia arriba para la mezcla de fluidos en la zona de generación de vórtice suficiente para proporcionar un tiempo de permanencia deseado de rendimiento o de la mezcla de fluidos en la zona de generación de vórtice. En algunas realizaciones, este ángulo es de cero a aproximadamente 45 grados por encima de un eje horizontal. Para las realizaciones donde se desea un gran tiempo de permanencia, la entrada o entradas 124 de gas se pueden colocar para introducir gas o un fluido en horizontal o incluso en un ángulo por debajo de un eje horizontal en la zona de generación de vórtice que contiene gas.

La entrada o entradas 124 de gas pueden también en algunas realizaciones estar colocadas y en ángulo para introducir el gas en la zona de generación de vórtice en un ángulo que tiene un componente de vector tangente a una pared interna de la zona 114 de generación de vórtice en un punto en la pared interna próxima a la entrada o entradas 124 de gases. Esto puede reducir la probabilidad de choques frontales de las diferentes corrientes de fluido y/o ayudar en la creación de un flujo rotacional de fluido dentro de la zona de generación de vórtice. Si una pluralidad de entradas 124 de gas está presente, no tienen por qué todos estar en ángulo con el mismo ángulo con respecto a una pared interna de la zona 114 de generación de vórtice en un punto en la pared interna próxima a cada entrada 124 de gas.

En algunas realizaciones, la entrada o entradas 122 de gas pueden estar colocadas en ángulo y para introducir un gas o un fluido que contiene burbujas de gas o gas disuelto en la zona 116 de separación en un ángulo suficiente para impartir un tiempo de permanencia deseado para el fluido en la zona de separación. La entrada o entradas 122 de gas pueden estar colocadas en un ángulo para proporcionar un flujo deseado de fluido en la zona de separación, que puede depender de diversos factores, incluyendo, por ejemplo, la configuración de la zona de generación de vórtice, el tipo de mezcla de fluidos que es separado, el tiempo de permanencia deseado de fluido en el recipiente, y el caudal deseado de gas o fluido que contiene gas a través de la entrada o entradas 122 de gas. La entrada o entradas 122 de gas también pueden estar colocadas para proporcionar una dispersión deseada de gas dentro de la

zona de separación. Un ángulo inferior de entrada puede permitir que el gas introducido a través de la entrada o entradas 122 de gas se pueda dispersar a lo largo de la zona de separación de manera más uniforme y proporcionar una mayor oportunidad para que el gas entre en contacto con los componentes de la mezcla de fluidos cuando el gas se eleva en un mayor ángulo de entrada. En algunas realizaciones, este ángulo es de cero a aproximadamente 45 grados por encima de un eje horizontal. Este ángulo de entrada puede estar en algunas realizaciones por debajo de un eje horizontal, aumentando aún más el tiempo de permanencia del fluido en la zona 116 de separación. Si una pluralidad de entradas 122 de gas están presentes, no todas necesitan estar en ángulo con el mismo ángulo por encima de un eje horizontal.

La entrada o entradas 122 de gas pueden también en algunas realizaciones estar colocadas y en ángulo para introducir el gas en la zona 116 de separación en un ángulo que tiene un componente de vector tangente a una pared interna de la zona 116 de separación en un punto en la pared 102 del recipiente próxima a la entrada o entradas 122 de gas. Esto puede reducir la probabilidad de choques frontales del flujo de fluido y/o contribuir en la creación o el mantenimiento del flujo de rotación de fluido dentro de la zona de separación. Si una pluralidad de entradas 122 de gas está presente, no todos tienen porqué estar en ángulo con el mismo ángulo respecto a la pared 102 del recipiente en un punto en la pared del recipiente próximo a cada entrada 122 de gas.

Los ángulos de introducción de la mezcla de fluido y gas en la zona de generación de vórtice se pueden seleccionar para reducir la incidencia de los choques frontales del flujo de fluido que se va a separar y el flujo de fluido que contiene gas. Los choques frontales de estos flujos de fluido pueden dar lugar a la turbulencia y/o coalescencia de gas disuelto en grandes burbujas de gas, que pueden en algunos casos ser indeseables. Por ejemplo, la coalescencia de gas disuelto en las burbujas de gas más grandes puede reducir el área de la superficie total del gas y/o la dispersión del gas lo que reduce el contacto con la mezcla de fluidos que puede reducir la eficiencia de separación. Además, las burbujas de gas más grandes pueden viajar más rápidamente hacia arriba a través de la zona de generación de vórtice que las burbujas de gas más pequeñas, proporcionando menos tiempo para un posible contacto entre las burbujas de gas y los componentes de la mezcla de fluidos en la zona de generación de vórtice.

En algunas realizaciones, la entrada o entradas 126 de fluido pueden comprender separadores adicionales, tales como un separador de espiral preliminar interno. El separador de espiral preliminar puede causar una separación parcial inicial de la mezcla de fluidos en sus componentes constitutivos y/o aumentar el tamaño de las gotas de los componentes menos densos, tales como, por ejemplo, hidrocarburos presentes en la mezcla de fluidos. En algunas realizaciones, el separador de espiral preliminar puede estar colocada aguas arriba de la entrada o entradas 126 de fluido y estar en comunicación fluida con la entrada o entradas 126 y con una fuente de una mezcla de fluidos. Un ejemplo de un separador de espiral preliminar que puede ser utilizado se describe en la Patente de los Estados Unidos No. 5,277,803, en particular, SPIRALSEP, elemento 34 de la Patente de los Estados Unidos No. 5,277,803, es una realización de un separador de espiral que puede ser utilizado en ciertas realizaciones de la presente invención.

El recipiente 100 también puede incluir un material 128 de coalescencia en la zona 116 de separación. El material 128 de coalescencia puede comprender secciones discretas de material, o en algunas realizaciones puede ser un material continuo que puede rodear sustancial o completamente de la pared 112 cónica y se puede extender desde la pared 112 cónica al recipiente de la pared 102 lateral. El material de coalescencia puede estar colocada encima de la entrada o entradas 122 de gas. En algunas realizaciones, el material de coalescencia puede estar soportado por una estructura de soporte (no mostrada) que puede ser ajustable con respecto a la altura dentro del recipiente.

Cualquier material de coalescencia que tiene un área superficial alta en relación al volumen y resistencia a la degradación por los componentes del fluido que se va a separar en un sistema particular puede ser apropiado para su uso en algunas realizaciones. Los materiales de coalescencia apropiados pueden incluir, por ejemplo, un lecho compacto de medios de coalescencia tales como Nacto-Lescer® (disponibles de National Tank Co., Houston, TX) o medios de láminas, tales como medios de coalescencia Performax® (disponible en National Tank Co., Houston, TX). Otros medios de coalescencia de tipo lámina que se pueden usar se describen en la Patente de los Estados Unidos Nos. 5,300,222 y 5,407,584. Esta envoltura de coalescencia puede comprender un medio de tipo de lámina modular con una estructura acanalada transversal creando numerosos canales de interconexión.

En funcionamiento, el material 128 de coalescencia puede reducir la velocidad y/o turbulencia del fluido que fluye en rotación hacia abajo en un flujo a contracorriente en la zona de separación. La velocidad y/o turbulencia reducida pueden permitir que las burbujas de gas o gas disuelto presentes en la zona de separación o las burbujas de gas o de gas disuelto que se puede introducir desde la entrada o entradas 122 de gas pueda hacer contacto con un componente de fluido menos denso, tal como, por ejemplo, hidrocarburos presentes en la zona de separación, facilitando de este modo la flotación de este componente hacia arriba a través la zona 116 de separación. El material 128 de coalescencia también puede retener un componente menos denso presente en un fluido que fluye hacia

abajo a través de la zona de separación, al tiempo que permite que un componente más denso pase a través y en algunas realizaciones, pueda ser eliminado a través de la salida 110 de fluido inferior.

5 Haciendo referencia a la figura 3, el recipiente 100 puede incluir también una zona 130 de recogida de sólidos definida por la pared 145 intermedia. La pared 145 intermedia puede estar conectada de manera hermética a la pared 114 cónica y los sólidos de salida 132 del recipiente 100. Esta zona de recogida de sólidos puede estar situada por debajo y en comunicación fluida con la zona 114 de generación de vórtice. En funcionamiento, cuando una mezcla de fluido introducido en el recipiente fluye a través de la zona 114 de generación de vórtice, los sólidos presentes en la mezcla de fluidos pueden caer fuera de la mezcla por la fuerza de la gravedad y asentarse en la zona 130 de recogida de sólidos. Los sólidos acumulados se pueden eliminar de la zona 130 de recogida de sólidos de forma continua o intermitente a través de la salida 132 de sólidos.

10 La figura 3 también ilustra una configuración alternativa de la pared 118 superior en la salida cabeza-en-cabeza. En la figura. 3, la pared 118 no tiene una curvatura constante a lo largo de todo su diámetro, sino que tiene una porción curvada hacia arriba próxima a la salida 108 superior de fluido. Esto puede proporcionar un espacio de recogida intermedio para reducir el movimiento de remolino y/o la introducción adicional de gas en el componente menos denso en la zona 150.

15 La figura 4 ilustra una configuración alternativa del recipiente 100. Como se ilustra en la figura 4, el recipiente 100 comprende la de entrada o entradas 124 de gas y la entrada o entradas 126 de fluido colocadas y dispuestas a lo largo de un plano horizontal común. En otras realizaciones, la entrada o entradas 124 de gas pueden estar situadas por encima o por debajo de un plano horizontal definido por la entrada o entradas 126 de fluido. Por ejemplo, en algunas realizaciones, la entrada o entradas 124 de gas pueden estar situadas cerca de seis pulgadas por debajo o por encima de un plano horizontal definido por la entrada o entradas 126 de fluido. La colocación de la entrada o entradas 124 de gas y la entrada o entradas 126 de fluido a diferentes alturas en la zona de generación de vórtice puede reducir los casos de choque frontal de fluido fluye desde otras entradas. En algunas realizaciones, la entrada o entradas 124 de gas y la entrada o entradas 126 de fluido pueden estar situadas próximas a la intersección de la pared 112 cónica y en un plano que pasa horizontalmente a través de una porción de la zona de generación de vórtice con el área 134 de la sección mayor transversal, o de otro modo, próximo a la pared 112 cónica en el punto de la zona de generación de vórtice más ancho, como se ilustra en la figura 4. Los diámetros y formas de las entradas 122 de gas, entradas 124 de gas, y entradas 126 de fluido se pueden seleccionar para adaptarse a los requisitos particulares para una aplicación particular. Por ejemplo, en recipientes diseñados para procesar una gran cantidad de fluido por día, se pueden usar entradas de mayor diámetro de las que se utilizan en un recipiente diseñado para procesar una cantidad menor de fluido por día con el fin de acomodar un flujo de mayor fluido.

20 La figura 4 también ilustra una configuración alternativa de la pared 118 superior en la salida de la cabeza-en-cabeza. En la figura 4, la pared 118 no está curvada a lo largo de todo su diámetro, sino que tiene una porción aplanada alrededor de su periferia. Esto puede ser para la eliminación inmediata de un componente menos denso de la mezcla fluida. En otra realización, la porción plana de la pared 118 superior próxima a la salida 108 puede estar a una elevación diferente que la porción plana de la pared 118 en un lado opuesto del recipiente 100 con el fin de facilitar la extracción de fluido a través de la salida 108.

25 También como se ilustra en la figura 4, de la pared 112 cónica de la zona de generación de vórtice puede incluir una zona de la pared 112a superior que tiene una conicidad diferente que la de la parte restante de la pared 112 cónica. En algunas realizaciones, esta zona de la pared superior 12a puede funcionar para aumentar la velocidad de rotación de fluido justo antes de que salga de la zona de generación de vórtice con el fin de separar más los componentes del fluido. Proporcionando una zona de generación de vórtice con un alto grado de conicidad en solamente una zona cerca de su extremo superior puede permitir el aumento de la velocidad de rotación del fluido en la zona de generación de vórtice, ayudando así a una coalescencia forzada de un componente menos denso de la mezcla fluida, mientras se mantiene un tiempo de permanencia suficientemente grande para proporcionar un contacto apropiado de los componentes de la mezcla de fluidos con el gas en la zona de generación de vórtice.

30 La figura 5 es una vista alternativa de la disposición de las entradas 126 de fluido y las entradas 124 de gas de la figura 4. La figura 5 es una vista en sección transversal de arriba hacia abajo a través de la línea 5-5 de la figura 4. La figura 5 ilustra un recipiente que comprende dos de las entradas 124 de gas y las entradas 126 de fluido, cada una de las cuales está colocada para introducir fluido y/o gas en la zona de generación de vórtice en un ángulo sustancialmente tangencial a una pared interna de la zona 114 de generación de vórtice en un punto de la pared interna próxima a las entradas. En algunas realizaciones, las entradas 124 de gas y las entradas 126 de fluido se pueden colocar en ángulo para introducir el fluido y/o gas en la zona de generación de vórtice y el ángulo con un componente tangencial más pequeño que se ilustra en la figura 5. Las entradas 124 de gas y las entradas 126 de fluido pueden, pero no necesitan, estar en ángulo para introducir fluido y/o gas en la zona de generación de vórtice en los mismos o similares ángulos. Las entradas 124 de gas pueden estar espaciadas de manera uniforme sobre la zona de generación del vórtice con respecto al otro y en algunas realizaciones también en relación con entradas 126

de fluido. Las entradas 124 de gas y entradas 126 de fluido pueden estar alternativamente colocadas y sustancial y uniformemente espaciadas alrededor de la zona de generación de vórtice. Las entradas 122 de gas pueden estar también de manera uniforme o regularmente espaciadas de manera uniforme alrededor de una periferia de la zona 114 de generación de vórtice. En algunas realizaciones, las entradas 124 de gas y/o entradas de 126 de fluido no pueden extenderse en la zona de generación de vórtice, como se ilustra en la figura 5, sino que puede terminar en la pared 112 cónica. Gas y/o fluido de las entradas 124 de gas y/o entradas 126 de fluido pueden en estas realizaciones fluir a la zona 114 de generación de vórtice a través de orificios en la pared 112 cónica. Estos orificios pueden en algunas realizaciones tomar la forma de elipses que tienen dimensiones de, por ejemplo, un eje mayor de tres pulgadas que se extienden horizontalmente a lo largo de la pared 112 cónica y un eje menor de una pulgada que se extiende verticalmente a lo largo de la pared 112 cónica, o un eje mayor de dos pulgadas y un eje menor de 0.6 pulgadas. Estos orificios pueden en realizaciones alternativas ser circulares, triangulares, rectangulares, o en forma de otras maneras que pueden permitir la introducción de una mezcla de fluidos en la zona 114 de generación de vórtice e impartir una velocidad de rotación a esta mezcla de fluidos.

En funcionamiento, la introducción de la mezcla de fluidos a través de una o más entradas 126 de fluidos en la zona 114 de generación de vórtice en un ángulo hacia arriba y en un ángulo que tiene una componente tangencial a la pared interna de la zona de generación de vórtice próxima a la posición de introducción de fluido puede inducir una espiral de flujo ascendente del fluido en la zona 114 de generación de vórtice. El fluido puede fluir en una trayectoria ascendente en espiral a través de la zona 114 de generación de vórtice y luego en la zona 116 de separación por encima y al lado de zona 114 de generación de vórtice.

Dentro de la zona de generación de vórtice, la mezcla de fluidos introducida a partir de uno o más entradas 126 de fluido y gas o fluido que contiene burbujas de gas y/o gas disuelto introducido a través de entradas 124 de gas se puede introducir en ángulos aproximadamente idénticos de manera que se genera una rotación de flujo de cocorriente de los fluidos de las entradas 124 de gas y 126 de fluido. Por ejemplo, el fluido introducido a través de entradas 126 de fluido y entradas 124 de gas puede tanto ser introducido en un ángulo con un componente de vector tangencial a la pared de la zona de generación de vórtice próxima a la posición de introducción de tal manera que el fluido el fluido y el gas fluyen en una dirección hacia la derecha. El flujo cocorriente del fluido y el gas dentro de la zona de generación del vórtice puede ser beneficioso en algunos casos con el fin de reducir la turbulencia en la zona de generación de vórtice y/o prevenir el choque frontal de los flujos de fluidos que pueda provocar el que las burbujas de gas más pequeñas hagan coalescencia en burbujas de gas más grandes que pueden ser menos eficaces en contacto con componentes de la mezcla de fluidos.

Un dispositivo o sistema de separación de fluidos adicional puede estar presente corriente arriba o corriente abajo del recipiente 100. Tales sistemas adicionales pueden tratar previamente la mezcla de fluidos para ofrecer una solución parcialmente separada al Recipiente 100, o puede enviar la salida de fluido tratado del recipiente 100 para separar aún más el fluido de salida en al menos un primer y un segundo efluente. Tales sistemas adicionales pueden ser similares al recipiente 100, o pueden ser otros sistemas o dispositivos, tales como, por ejemplo, un sistema de separación basado en ciclón hidráulico.

Un método de utilización de las realizaciones del aparato descrito anteriormente para separar una mezcla de fluidos puede incluir un acto de introducir una mezcla de fluidos que se va a separar en el recipiente 100. La mezcla de fluidos se puede introducir desde una fuente de la mezcla de fluidos a través de la entrada o entradas 126 de fluido. En algunas realizaciones un gas se puede introducir en la mezcla de fluidos antes de que se introduzca en el recipiente. En algunas realizaciones, un separador preliminar espiral, como el separador SPIRALSEP™ se describe en la Patente de los Estados Unidos No. 5,277,803 puede estar presente en la entrada o entradas 126 de fluido o entre una fuente de mezcla de fluidos y la entrada o entradas 126 de fluido. El fluido que pasa a través del separador preliminar se puede separar al menos parcialmente en diversos componentes presentes en la mezcla de fluidos. Por ejemplo, los hidrocarburos que pueden estar presentes en la mezcla de fluidos se pueden aglomerar al menos parcialmente antes de la introducción de la mezcla de fluidos en el recipiente.

Una mezcla de fluidos introducido en la zona 114 de generación de vórtice fluye en rotación hacia arriba a través de la zona de generación de vórtice. En algunas realizaciones, este flujo ascendente puede ser a una velocidad entre aproximadamente 0.1 y 0.5 pies/segundo. Una tasa de este tipo puede proporcionar tiempo de permanencia apropiado de una mezcla de fluidos en la zona de generación de vórtice para mezclarse suficientemente con un gas que también se puede introducir en la zona de generación de vórtice. Este flujo hacia arriba se puede facilitar mediante la introducción de la mezcla de fluidos en la zona de generación de vórtice en un ángulo ascendente. Esto se puede lograr mediante la inclusión de una parte final en ángulo hacia arriba en la entrada o entradas 126. El fluido también puede fluir de una manera rotacional en la zona de generación de vórtice. Este flujo de rotación se puede facilitar mediante la introducción de la mezcla de fluidos en un ángulo con un componente tangencial a la pared interna de la zona de generación de vórtice próxima a la posición de introducción de la mezcla fluida. El componente de rotación del flujo de la mezcla de fluidos puede aumentar a medida que la mezcla de fluidos fluye hacia arriba a través de la zona de generación de vórtice debido a la forma cónica de la zona de generación de vórtice. A medida

que la mezcla de fluidos fluye en rotación en la zona de generación de vórtice, los componentes de la mezcla de fluidos con una densidad inferior en relación con otros componentes pueden migrar hacia un eje vertical central de la zona de generación de vórtice mientras que los componentes más densos migran hacia la pared 112 cónica, debido a la acción de la fuerza centrípeta y/o centrífuga.

5 El gas también se puede introducir en la zona de generación de vórtice. El gas se puede introducir a través de entrada o entradas 124 de gas. El gas puede tener el potencial para cambiar una característica de un componente de la mezcla fluida para impartir un cambio en su densidad y/o viscosidad efectiva frente a otros componentes del fluido. En algunas realizaciones, el gas puede ser, por ejemplo, aire, metano, acetileno, gas natural, y combinaciones de los mismos. El gas se puede introducir directamente en estado gaseoso, o disuelto en forma de gas en un fluido, o como burbujas de gas transportado por un fluido. En algunas realizaciones, un generador de burbujas de gas puede suministrar burbujas de gas a las entradas 122 y/o 124 de gas. Una bomba de gas disuelto de flotación, tal como, por ejemplo, la descrita en la Patente de los Estados Unidos No. 6,337,023, se puede utilizar para proporcionar un fluido que comprende un gas disuelto por las entradas 122 y/o 124 de gas. En muchos casos, puede ser deseable introducir burbujas de gas que son más pequeñas en lugar de más grandes con el fin de aumentar el área superficial disponible de las burbujas de gas. Esto también permite la creación de más burbujas de gas por volumen dado de gas introducido, lo que puede ahorrar en costos de productos químicos y que puede aportar una mayor posibilidad de que las burbujas de gas entren en contacto con los componentes específicos de la mezcla de fluidos. Por ejemplo, en algunas realizaciones, una bomba de flotación de gas disuelto puede ser utilizada para introducir burbujas de gas con un tamaño entre aproximadamente cinco y 100 micras de diámetro en la zona de generación de vórtice de un recipiente de separación de fluidos. En algunas realizaciones, una bomba de flotación de gas disuelto puede introducir gas con un diámetro medio de burbuja de aproximadamente 50 a 70 micras en la zona de generación de vórtice y/o la zona de separación de un recipiente de separación de fluidos.

En algunas realizaciones, al menos una porción del gas introducido en el fluido por la bomba de flotación de gas disuelto puede ser gas reciclado del recipiente 100 a través de una salida de gas, tal como la salida 136 de gas ilustrada en la figura 4. La salida 136 de gas pueden estar situadas en una pared de la zona 150 para capturar gas que entra en la zona 150 junto con el componente menos denso de la mezcla fluida. Un subsistema de recuperación de gas convencional, como se conoce en la técnica puede estar presente en algunas realizaciones con el fin de facilitar la recuperación de gas de la salida 136 de gas y/o para recuperar los gases disueltos de los líquidos que salen del recipiente. El gas también se puede introducir en el recipiente desde una fuente separada de gas en comunicación de fluido con una entrada de gas de un generador de burbujas de gas o la bomba de flotación por gas disuelto.

A medida que la mezcla de fluidos fluye a través de la zona de separación de vórtice, el gas introducido con la mezcla de fluidos o por medio de la entrada o entradas 124 de gas se puede poner en contacto con los componentes menos densos, tales como, por ejemplo, hidrocarburos que pueden estar presentes en la mezcla de fluidos. En algunas realizaciones, un surfactante se puede adicionar a la mezcla de fluidos en la zona de generación de vórtice para facilitar el contacto selectivo del gas con al menos un componente de fluido.

A medida que la mezcla de fluidos sale de la zona 114 de generación de vórtice, puede entrar en la zona 116 de separación. En la zona de separación, la velocidad de rotación de la mezcla de fluido puede disminuir debido a la fricción, debido a una mayor área de la sección transversal de la zona de separación en oposición a la zona de generación de vórtice, y/o debido a la interferencia con el flujo de rotación por el material 128 de coalescencia. Los componentes menos densos de la mezcla de fluidos, tales como, por ejemplo, hidrocarburos pueden flotar hacia arriba a través de la zona de separación. El que pueda entrar en contacto con el componente o los componentes menos densos puede facilitar el proceso de flotación hacia arriba. El componente o componentes más densos y/o mezcla de fluidos ricos en el componente o componentes más densos se moverán hacia abajo a través de la zona de separación entre la pared 112 cónica y la pared 102 del recipiente para su eliminación.

En algunos casos, algunos de los componentes menos densos pueden permanecer en el fluido rico en el componente más denso mientras este fluido fluya hacia abajo a través de la zona de separación. En realizaciones en las que la zona de separación incluye una o más entradas 122 de gas, el gas o el fluido que contiene burbujas de gas y/o gas disuelto puede fluir hacia arriba a través de la zona de separación debido a las diferencias de densidad entre el fluido en la zona de separación y el gas introducido que contiene el fluido, y/o debido a un ángulo hacia arriba de la introducción del fluido que contiene gas. Este contraflujo del fluido rico en un componente más denso de la mezcla de fluido y gas en la zona de separación facilita el contacto del gas componentes menos densos del fluido que puedan haber permanecido con el fluido rico en el componente o componentes más densos. A medida que el gas contacta con algunos de estos componentes restantes, su flotabilidad efectiva aumenta y flotan hacia arriba a través de la zona de separación para la eliminación de la parte superior de la zona de separación. En algunas realizaciones, no hay límite superior para la cantidad de gas que se puede introducir en la zona de separación. En otras realizaciones, un límite superior en la cantidad de gas que se puede introducir en la zona de separación puede

ser determinado mediante el cálculo en qué momento la mezcla de gas/fluido en la zona de separación se hace menos densa que el componente menos denso de la mezcla de fluidos.

5 En algunas realizaciones, los componentes menos densos, como, por ejemplo, hidrocarburos que pueden haber permanecido en la mezcla de fluidos rica en el componente más denso en forma de gotitas o como componentes disueltos pueden coalescer en el material 128 de coalescencia como fluido rico en el componente más densos moviéndose hacia abajo a través de la zona de separación. En el material de coalescencia, el componente o componentes menos densos pueden salir de la solución y pueden formar gotas en forma de moléculas adicionales o gotitas adicionales que se fusionan. El gas de la entrada o entradas 122 de gas puede rociar el material de coalescencia, removiendo el componente o componentes acumulados a partir del material de coalescencia y/o
10 contactando con algún componente o todos los componentes presentes sobre o en el embalaje 128 de coalescencia y/o en la zona 116 de separación.

15 En algunas realizaciones, el fluido rico en un componente más denso de la mezcla de fluidos en la zona de separación tiene una velocidad de rotación que induce la separación adicional de los componentes menos densos a partir de componentes más densos ya que los componentes más densos del fluido migran hacia la pared 102 lateral del recipiente y los componentes menos densos migran hacia la pared 112 cónica debido a la acción de la fuerza centrípeta y/o centrífuga.

20 A medida que el componente o componentes menos densos de la mezcla fluida flotan hacia arriba a través de la zona de separación, pueden llegar a la pared 118 interna superior y migrar hacia la salida 120 de fluido. El fluido rico en el componente menos denso puede salir de la zona de separación por la salida 120 y entrar en la región 150 definida por la pared lateral 102 del recipiente, la pared 104 superior del recipiente y la pared 118 interna superior. Este fluido puede entonces ser retirado, ya sea continua o intermitentemente, a través del fluido de salida 108. Las realizaciones alternativas pueden utilizar salidas de fluido y/o sistemas de fluido de separación de componentes distintos de los diseños de salida de cabeza en cabeza ilustrados en las figuras 1, 3, y 4. Por ejemplo, el fluido que contiene hidrocarburos coalescidos se puede retirar de la zona de generación de vórtice utilizando cualquiera de una variedad de medios, incluyendo, por ejemplo, un colector de petróleo, una bomba de aspiración, un drenaje de sifón,
25 o una presa.

30 En algunos métodos de acuerdo con la presente invención, un sistema de separación de fluido, tal como se ilustra en cualquiera de las figuras 1, 3, y 4 puede ser operado con un nivel de fluido por debajo del nivel superior de la pared 112 cónica de la zona de generación de vórtice. En tal configuración, el fluido que gira en la zona de generación del vórtice puede formar una superficie superior en forma de plato parabólico debido a las fuerzas centrípetas y centrífugas. Puede ser deseable mantener una velocidad de rotación en la superficie del fluido en la zona de generación de vórtice con el fin de evitar la formación de inclinación lateral significativa de la superficie del fluido o la formación de un "tazón de vórtice" de profundidad con el fin de facilitar la extracción del fluido desde el interior de la zona de generación de vórtice. La formación de un "tazón de vórtice" de profundidad puede evitarse en
35 algunos casos mediante la reducción del ángulo de la pared cónica y/o un flujo de mezcla de fluidos en la zona de generación de vórtice. Por ejemplo, para una zona de generación de vórtice con una altura de 2.5 pies, un diámetro de base de 27 pulgadas, y un flujo de entrada de agua oleosa de 145 galones/minuto, un "tazón de vórtice" puede comenzar a desarrollarse si las paredes de la zona de generación de vórtice se estrechan progresivamente en un ángulo de más de aproximadamente 5 grados con respecto a un eje vertical.

40 En los métodos de operación donde el nivel del fluido no se eleva por encima del nivel superior de la zona de generación de vórtice, el fluido rico en un componente menos denso puede ser sacado de una región próxima al eje central de la zona de generación de vórtice y el fluido rico en un componente más denso puede ser eliminado de una región próxima a la pared de la zona de generación de vórtice. Numerosos dispositivos y métodos se pueden utilizar para realizar la eliminación de los fluidos de la zona de generación de vórtice, incluyendo, por ejemplo, una bomba conectada a un tubo insertado en una región deseada de la zona de generación de vórtice, un tubo de sifón insertado en una región deseada de la zona de generación de vórtice, o una o más salidas de fluidos integrados en la pared de la zona de generación de vórtice en sí.
45

50 Una realización de un aparato de acuerdo con la presente invención en donde se extrae fluido directamente de una zona de generación de vórtice se ilustra en la figura 6. En la figura 6, unida al borde superior de la pared 112 cónica de la zona de generación de vórtice es una salida 138 de fluido en forma de cono truncado que se extiende en la parte superior de la zona de generación de vórtice. En uso, un componente menos denso puede acumularse en el espacio interior de la salida 138 de fluido y puede ser eliminado a través del tubo 140 de salida. Un componente más denso puede ser retirado de la zona de generación de vórtice a través de la salida 142 de fluido. La anchura D del extremo inferior de la salida 138 puede, en algunas realizaciones ser pequeña, por ejemplo, de una a dos pulgadas de diámetro, con el fin de permitir que sólo el fluido próximo al eje central de la zona de generación de vórtice pueda entrar. Esto facilita la separación de los componentes más y menos densos debido a que los componentes menos densos presentes próximos al eje central de la zona de generación de vórtice tomarán preferiblemente la salida 138.
55

- 5 La profundidad H de la salida 138 también puede ser relativamente poco profunda, en algunas realizaciones aproximadamente seis a siete pulgadas. Esto permite una altura suficiente dentro de la zona de generación de vórtice en donde la mezcla de fluidos se puede separar en sus componentes constituyentes mientras que también permite una profundidad aceptable de la salida 138 de la que el tubo 140 de salida puede extraer fluido hacia la salida. La salida 138 de fluido en forma de cono puede también, en algunas realizaciones utilizar un recipiente tal como se ilustra en las figuras 1, 2, o 4 para extraer fluido de la parte superior de la zona 116 de separación.
- 10 Diversos sistemas de control se pueden utilizar para controlar el funcionamiento del recipiente 100. Los parámetros que se pueden controlar incluyen el flujo de fluido en el recipiente, el flujo de fluido a través de cualquiera de las salidas de fluido del recipiente, y el flujo de gas dentro o fuera del recipiente. Por ejemplo, un sistema de control puede incluir un mecanismo de retroalimentación para controlar el nivel de fluido en el recipiente y ajustar los flujos de entrada y salida de fluido para mantener el nivel de fluido entre un mínimo predeterminado y el nivel máximo. Monitores de concentración pueden proporcionar información en cuanto a la concentración de los componentes en la salida de fluido del recipiente y pueden ajustar las velocidades de flujo de tiempo de fluido y/o la permanencia de fluido en el recipiente como se requiere para obtener una concentración deseada de un componente particular en una salida de fluido en particular. Un sensor de gas disuelto puede ser utilizado para controlar el nivel de gas disuelto presente en el fluido del recipiente y puede proporcionar información con el fin de ajustar el flujo de fluido desde una bomba de flotación de gas disuelto en el recipiente como se requiere.
- 15 El sistema y el controlador de una o más realizaciones de la invención proporcionan una unidad versátil que tiene múltiples modos de funcionamiento, que pueden responder a múltiples entradas para aumentar la eficiencia del sistema.
- 20 Un controlador para el sistema de la invención puede ser implementado utilizando uno o más sistemas 600 informáticos mostrado a modo de ejemplo en la figura 7. El sistema 600 informático puede ser, por ejemplo, un ordenador de propósito general, tales como los basados en procesador de tipo PENTIUM®, un procesador Motorola PowerPC®, un procesador PA-RISC® Hewlett-Packard, un procesador de Sun UltraSPARC®, o cualquier otro tipo de procesador o combinación de los mismos. Alternativamente, el sistema informático puede incluir especialmente programado, hardware de propósito especial, por ejemplo, un circuito integrado de aplicación específica (ASIC) o controladores destinados a sistemas de tratamiento de agua.
- 25 El sistema 600 informático puede incluir uno o más procesadores 602 conectados por lo general a uno o más dispositivos 604 de memoria, que puede comprender, por ejemplo, uno cualquiera o más de una memoria de unidad de disco, un dispositivo de memoria flash, un dispositivo de memoria RAM, u otro dispositivo para almacenar datos. El sistema 600 informático puede comprender una red neural. Memoria 604 que se utiliza normalmente para el almacenamiento de programas y datos durante el funcionamiento del sistema 600 de ordenador. Por ejemplo, la memoria 604 se puede utilizar para almacenar los datos históricos relativos a los parámetros durante un período de tiempo, así como los datos de funcionamiento. El software, incluyendo el código de programación que implementa realizaciones de la invención, se puede almacenar en un equipo medio de registro no volátil legible y/o grabable (discutido adicionalmente con respecto a la figura 8) y, a continuación, generalmente se copia en la memoria 604 en la que puede ser ejecutado por el procesador 602. Tal código de programación puede escribirse en cualquiera de una pluralidad de lenguajes de programación, por ejemplo, Java, Visual Basic, C, C # o C ++, Fortran, Pascal, Eiffel, Basic, COBAL, o cualquiera de una variedad de combinaciones de los mismos.
- 30 Los componentes del sistema 600 informático se pueden acoplar por uno o más mecanismos 606 de interconexión, que pueden incluir uno o más barras de conexión (por ejemplo, entre los componentes que se integran dentro de un mismo dispositivo) y/o una red (por ejemplo, entre los componentes que residen por separado en dispositivos discretos). El mecanismo de interconexión suele permitir a las comunicaciones (por ejemplo, datos, instrucciones) que se intercambien entre los componentes del sistema 600.
- 35 El sistema 600 informático también puede incluir uno o más dispositivos 608 de entrada, por ejemplo, un teclado, ratón, bola de seguimiento, micrófono, pantalla táctil, y otros dispositivos de interfaz hombre-máquina, así como uno o más dispositivos 610 de salida, por ejemplo, un dispositivo de impresión, pantalla de visualización, o altavoz. Además, el sistema 600 informático puede contener una o más interfaces (no mostradas) que se pueden conectar el sistema 600 informático a una red de comunicación (además o como una alternativa a la red que puede estar formada por uno o más de los componentes del sistema 600).
- 40 De acuerdo con una o más realizaciones de la invención, uno o más dispositivos 608 de entrada pueden incluir sensores para medir parámetros del sistema y/o componentes de los mismos. Alternativamente, los sensores, válvulas de dosificación y/o bombas, o todos estos componentes pueden estar conectados a una red de comunicación (no mostrada) que está acoplada operativamente al sistema 600 informático. Uno cualquiera o más de los anteriores pueden estar acoplados a otro sistema informático o componente para comunicarse con el sistema 600 informático a través de una o más redes de comunicación. Tal configuración permite que cualquier dispositivo
- 45
- 50
- 55

sensor o de generación de señal que se encuentra a una distancia significativa desde el sistema de ordenador y/o acepte cualquier sensor que se encuentre a una distancia considerable de cualquier subsistema y/o el controlador, sin dejar de ofrecer datos entre ellos. Tales mecanismos de comunicación pueden verse afectados por la utilización de cualquier técnica apropiada incluyendo, pero no limitada a, los que utilizan protocolos inalámbricos.

5 Como se muestra a modo de ejemplo en la figura 8, un controlador del sistema puede incluir uno o más medios de almacenamiento informático de comunicación tales como medios 702 de grabaciones no volátiles legibles y/o grabables en el cual las señales pueden ser almacenadas para definir un programa para ser ejecutado por uno o más procesadores 602. Los medios 702 pueden, por ejemplo, ser una memoria de disco o flash. En el funcionamiento típico, el procesador 602 puede hacer que los datos, tales como un código que implementa una o más realizaciones de la invención, pueda ser leído a partir del medio 702 de almacenamiento en una memoria 704 que permite el acceso más rápido a la información por parte de uno o más procesadores que lo que hace el medio 702. La memoria 704 es por lo general una memoria de acceso volátil, al azar tal como una memoria dinámica de acceso aleatorio (DRAM) o memoria estática (SRAM) u otros dispositivos apropiados que facilite la transferencia de información a y desde el procesador 602.

15 Aunque el sistema 600 informático se muestra a modo de ejemplo como un tipo de sistema informático sobre el que pueden ponerse en práctica diversos aspectos de la invención, se debe apreciar que la invención no se limita a ser implementada en software, o en el sistema informático como se muestra a modo de ejemplo. De hecho, en vez de implementarse como, por ejemplo, un sistema informático de propósito general, el controlador, o componentes o subsecciones de los mismos, de forma alternativa pueden implementarse como un sistema dedicado o como un controlador lógico programable dedicado (PLC) o en un sistema de control distribuido. Además, se debe apreciar que una o más características o aspectos de la invención pueden ser implementados en software, hardware o firmware, o cualquier combinación de los mismos. Por ejemplo, uno o más segmentos de un algoritmo ejecutable por el controlador se pueden realizar en equipos independientes, que, a su vez, pueden estar en comunicación a través de una o más redes.

25 Ejemplos

Se realizó una prueba de la eficacia de eliminación de un recipiente que comprende una zona de generación de vórtice, de acuerdo con un aspecto de la invención. Haciendo referencia a la figura 9, la zona de generación de vórtice tenía un ángulo de la pared θ de 9° de un eje vertical, un diámetro de base D 1 de 27 pulgadas, un diámetro de abertura D2 superior de 17.5 pulgadas y una altura H1 de 30 pulgadas. El recipiente tenía dos entradas de fluido espaciadas alrededor de 180° una de la otra alimentadas por una bomba de circulación y dos entradas de gas separadas alrededor de 180° una de la otra alimentadas con aire disuelto en agua mediante una bomba de flotación de gas disuelto (bomba DGF). Cada entrada de fluido está espaciada de forma alternativa aproximadamente 90° de cada entrada de gas. Las entradas de gas y las entradas de fluido fueron posicionadas en un plano próximo al pasar por el área de sección transversal más ancha del recipiente. Las entradas de fluido están en un ángulo de 1.2° sobre un eje horizontal, mientras que las entradas de gas se colocaron aproximadamente horizontales. Todas las entradas se construyeron para introducir agua y/o agua oleosa que contiene aire disuelto en el recipiente de forma sustancialmente tangencial a la pared interior en su punto de entrada.

El volumen de la zona de generación de vórtice del recipiente utilizado fue de 51 galones, y el volumen de la zona de recogida de sólidos fue de 14 galones.

40 El recipiente exterior en el cual se aloja la zona de generación de vórtice incluye dos entradas de gas espaciadas aproximadamente 180° que se extienden aparte en la zona de separación perpendicular a la pared del recipiente, y en ángulo hacia arriba a 45° de un eje horizontal.

El agua oleosa que se va a separar y el agua con aire disuelto se introducen en el recipiente a diversos caudales. El agua oleosa fue producida por la adición de 110 ppm de crudo con 37 grados API de gravedad para el agua dulce introducida en la zona de generación de vórtice. La velocidad de flujo para el agua oleosa a partir de la bomba de circulación se varió desde alrededor de 50 y 150 litros/minuto y el caudal del agua con aire disuelto se varió desde alrededor de 60 y 95 galones/minuto. Se midió la eficiencia de eliminación de petróleo del agua oleosa. La cantidad de petróleo introducido con el agua para generar el agua oleosa varía de aproximadamente 60 a aproximadamente 115 ml/minuto utilizando una bomba de inyección de petróleo, la cantidad de petróleo introducido en la entrada del sistema, colocada cerca del recipiente exterior, en la zona de generación de vórtice aumentó con el aumento del caudal de la bomba de circulación. se tomaron datos de 14 puntos de acuerdo con los criterios centrales de diseño de experimentos compuestos. Los resultados se muestran a continuación en la Tabla 1 y se ilustran gráficamente en la figura 10 y la figura 11.

Tabla 1

Orden de Ensayo	Burbuja (GPM)	Centrifuga (GPM)	Total (GPM)	Cir/DGF Relación Bombas	Inyección de Aceite (ml/min)	Contenido Total de Aceite en Entrada (ppm)	Contenido Total de Aceite en la Salida (ppm)	% Eficiencia
1	76.50	102.00	178.50	1.33	59.92	44	31	29.54
2	76.50	158.57	235.07	2.07	61.43	118	88	25.42
3	95.59	102.00	197.59	1.06	87.71	114	46	59.64
4	76.50	102.00	178.50	1.33	100.74	302	60	80.13
5	76.50	45.43	121.93	0.59	87.71	208	43	79.32
6	76.50	102.00	178.50	1.33	87.71	170	61	64.11
7	57.41	102.00	159.41	1.77	87.71	118	55	53.38
8	90.00	62.00	152.00	0.68	115.51	231	61	73.59
9	63.00	142.00	205.00	2.25	114.00	233	104	55.36
10	76.50	102.00	178.50	1.33	78.33	173	85	50.86
11	76.50	102.00	178.50	1.33	87.71	323	105	67.49
12	76.50	102.00	178.50	1.33	74.69	222	128	42.34
13	63.00	62.00	125.00	0.98	97.10	139	74	46.76
14	90.00	142.00	232.00	1.57	87.71	173	102	41.04

La figura 10 muestra una metodología de superficie de respuesta (RSM) ajustada a los datos del experimento de diseño compuesto central (CCD). La ecuación de la forma de superficie en la figura 10 es:

$$Y = -76.92 + 2.14*X1 + 1.14*X2 - 0.019*X1*X2$$

- 5 En esta ecuación, Y es el porcentaje de eficacia de eliminación, X1 es la tasa de flujo de la bomba DGF en galones/min y X2 es la tasa de flujo de la bomba de circulación en galones/min. Por lo tanto, la figura 10 es un gráfico de superficie tridimensional de la eficiencia de eliminación de petróleo, ya que corresponde a los flujos tanto la bomba de circulación que introdujo el agua oleosa y la bomba de DGF que introdujo el aire disuelto en agua.
- 10 Como se puede ver a partir de del diagrama Metodología de Superficie de Respuesta (RSM), figura 10, la eficiencia de eliminación de petróleo aumenta generalmente con tasas de entrada de la bomba DGF más altas, y con tasas de entrada de la bomba de circulación inferiores.

15 Sin estar ligado a una teoría particular, se cree que estos resultados reflejan que la eficiencia de eliminación de petróleo aumenta con el aumento de las cantidades de burbujas de aire introducidas en el agua oleosa por la bomba DGF. El aumento de la cantidad de burbujas de aire permitió más burbujas de aire entran en contacto con más petróleo y más eficazmente llevar este petróleo a la parte superior del recipiente para ser eliminado.

20 La figura 11 es un gráfico de contorno de la eficiencia de eliminación de petróleo, ya que corresponde a los flujos de tanto la bomba de circulación que introdujo el agua oleosa y la bomba de DGF que introdujo el aire disuelto en el agua. Esta gráfica es una representación bidimensional de la superficie de la gráfica de la figura 10 de acuerdo con se ve desde arriba a lo largo de una línea paralela con la "eficiencia o eje Y". De nuevo, como se puede ver en el gráfico, la eficacia de eliminación de petróleo generalmente aumentó con tasas de entrada de la bomba de DGF más alta, y con tasas de entrada de la bomba de circulación inferior. Sin embargo, a velocidades más altas de flujo de bombas de circulación, esto es, por encima de 125 galones/minuto, la eficiencia de eliminación de petróleo se redujo al aumentar la velocidad de flujo DGF

25 Como se ve en la figura 11, si los caudales combinados de la bomba de circulación y la bomba de DGF llegan a ser demasiado altos (la región superior derecha de la figura 11) la eficiencia de eliminación de petróleo disminuye. Sin estar ligado a una teoría particular, se cree que esta caída en la eficiencia de eliminación indica que una velocidad de flujo de fluido demasiado alta a través del recipiente puede disminuir el tiempo de permanencia del fluido en la zona de generación de vórtice y/o reducir el tiempo de contacto de las gotitas de las burbujas de aire-petróleo en un punto en donde no hay suficiente tiempo de permanencia o tiempo de contacto para un contacto suficiente entre el

30 agua oleosa y las burbujas de aire.

- También se muestra en la figura 11 un punto que corresponde a una eficiencia de eliminación de petróleo del 50%. Este punto se determinó por la intersección de un plano que corresponde a una eficiencia de eliminación de petróleo del 50% con el diagrama de la superficie de la figura 10. Como se ilustra en la figura 11, este punto corresponde a una velocidad de flujo de la bomba de circulación de aproximadamente 101 GPM y una tasa de flujo de la bomba DGF de aproximadamente 76 GPM lo que resulta en una relación de la velocidad de flujo de la bomba DGF de circulación para bombear a una velocidad de flujo de aproximadamente 1.33. Los puntos en la figura 11 con una relación más baja de la tasa de flujo de la bomba DGF de circulación para bombear el caudal, es decir, los puntos hacia abajo y/o hacia la derecha hasta el punto indicado en la figura 11) dieron como resultado mayores rendimientos de eliminación de petróleo. Por lo tanto, si un promedio de eficacia de eliminación del 50% se define como una eficiencia mínima de funcionamiento aceptable en un tiempo de permanencia determinado o tiempo de contacto, un dispositivo tal como el de los datos obtenidos en la figura 10 y la figura 11 se puede ejecutar con una relación de caudal de la bomba DGF de circulación para bombear a una velocidad de flujo de 1.33 o inferior.
- Tasas operativas deseables de velocidad de flujo de la bomba de circulación con velocidad de flujo de la bomba DGF para otros aparatos de acuerdo con él para otros aparatos de acuerdo con realizaciones de la presente invención se puede determinar de una manera similar a la anterior o a la que se basa en la similitud dinámica de cualquier prototipo de tamaño y el modelo actual.
- Se han descrito así diversos aspectos de al menos una realización de esta invención, se deben apreciar diversas alteraciones, modificaciones y mejoras que se les ocurrirán fácilmente a los expertos en el arte.
- Por ejemplo, en algunas realizaciones, un recipiente de separación se puede hacer funcionar sin una pared exterior, material 128 coalescente o zona 116 de separación. Las paredes 112 de la zona de generación de vórtice pueden servir como las paredes exteriores del recipiente.
- En realizaciones alternativas, el recipiente puede incluir una pared exterior 102 y la zona 116 de separación, pero en funcionamiento, el nivel del fluido puede ser mantenido por debajo del extremo superior de la zona de generación de vórtice, y el fluido será retirado directamente de la zona de generación de vórtice.
- Tales alteraciones, modificaciones y mejoras están destinadas a ser parte de esta divulgación, y están destinadas a estar dentro del alcance de la invención. De acuerdo con lo anterior, la descripción anterior y los dibujos son sólo a modo de ejemplo.

REIVINDICACIONES

1. Un aparato para separar una mezcla de fluidos que comprende:
- un recipiente (100);
- 5 una zona (114) de generación de vórtice que tiene una pared (112) cónica colocada dentro del recipiente, la zona de generación de vórtice que tiene un extremo superior y un extremo inferior, el extremo superior que tiene un área de sección transversal inferior a la del extremo inferior, la zona de generación de vórtice construida y dispuesta para dirigir la mezcla de fluidos hacia arriba;
- 10 una entrada (126) de fluido en una porción inferior de la zona de generación de vórtice, para la introducción de la mezcla de fluidos en la porción inferior de la zona (114) de generación de vórtice, la entrada que se extiende en la zona de generación de vórtice en un ángulo que tiene un componente tangencial a una pared interna de la zona de generación de vórtice en un punto en la pared interna próxima a la entrada de fluido, por lo que la mezcla de fluidos se eleva a través de la zona de generación de vórtice cuando el área de la sección transversal de la zona de generación de vórtice se reduce;
- 15 una salida (120) de fluido conectado de forma fluida al recipiente por encima del extremo superior de la zona de generación de vórtice; y,
- una entrada (124) de gas que se extiende en la zona de generación de vórtice, caracterizado porque la entrada (124) de gas en la zona de generación de vórtice está en un ángulo entre cero y 45 grados por encima de un eje horizontal, o por debajo del eje horizontal.
- 20 2. El aparato de la reivindicación 1, en donde la pared (112) cónica comprende un ángulo para aumentar una velocidad de rotación de una mezcla de fluidos que fluye a través de la zona (114) de generación de vórtice, dicho ángulo comprende entre cinco y diez grados desde el eje vertical.
3. El aparato de la reivindicación 1, en donde la entrada (126) de fluido se extiende en la zona (112) de generación de vórtice en un segundo ángulo para inducir un flujo ascendente de una mezcla de fluidos, en donde el segundo ángulo varía desde mayor de cero a cinco grados por encima del plano horizontal.
- 25 4. El aparato de la reivindicación 1, que comprende además un separador preliminar colocado entre una fuente de mezcla de fluidos y la entrada (126) de fluido.
5. El aparato de la reivindicación 1, en donde la zona (114) de generación del vórtice se define por una pared en forma de un cono truncado invertido.
- 30 6. El aparato de la reivindicación 1, en donde la salida (120) de fluido está colocada por encima de una región central de la zona (114) de generación de vórtice.
7. El aparato de la reivindicación 6, en donde la salida (120) de fluido comprende además una salida de la cabeza en cabeza.
8. El aparato de la reivindicación 1, que comprende además una región (130) de recolección de sólidos colocada por debajo de la zona (114) de generación del vórtice y en comunicación fluida con la zona de generación de vórtice.
- 35 9. El aparato de la reivindicación 1, en donde la entrada (126) de fluido está colocada en la proximidad de una región de la zona (114) de generación de vórtice cuando el área de la sección transversal de la zona de generación del vórtice es mayor.
10. El aparato de la reivindicación 1, que comprende además una pluralidad de entradas (126) de fluido en comunicación fluida con la zona (114) de generación de vórtice.
- 40 11. El aparato de la reivindicación 10, en donde la pluralidad de entradas (126) de fluido están espaciadas aproximadamente de manera uniforme alrededor de la periferia de la zona (114) de generación del vórtice.
12. El aparato de la reivindicación 11, en donde la pluralidad de entradas (126) de fluido están colocadas en la proximidad de una región de la zona (114) de generación del vórtice cuando el área de la sección transversal de la zona de generación del vórtice es mayor.
- 45 13. El aparato de la reivindicación 10 que comprende además una pluralidad de entradas (124) de gas en comunicación fluida con la zona (114) de generación del vórtice en donde la pluralidad de entradas (124) de gas y la

pluralidad de entradas (126) de fluido están alternativa y aproximadamente espaciadas de manera uniforme alrededor de un perímetro de la zona de generación de vórtice.

14. El aparato de la reivindicación 1, que comprende además una o más entradas (124) de gas en comunicación fluida con la zona (114) de generación del vórtice.
- 5 15. El aparato de la reivindicación 14, en donde, para más de una entrada (124) de gas, las entradas de gas están aproximadamente espaciadas de manera uniforme alrededor de un perímetro de la unidad (114) de generación de vórtice.
16. El aparato de la reivindicación 14, en donde la una o más entradas (114) de gas están colocadas en la proximidad de una región de la zona (114) de generación de vórtice cuando el área de la sección transversal de la zona de generación del vórtice es mayor.
- 10 17. El aparato de la reivindicación 14, en donde la una o más entradas (124) de gas están colocadas debajo de un plano horizontal definido por la entrada (126) de fluido que se extiende en la zona (114) de generación del vórtice
18. El aparato de la reivindicación 14, en donde la una o más entradas (124) de gas se colocan encima de un plano horizontal definido por la entrada (126) de fluido que se extiende en la zona (114) de generación del vórtice.
- 15 19. El aparato de la reivindicación 14, que comprende además un generador de burbujas de gas en comunicación fluida con al menos una de una pluralidad de entradas (124) de gas.
20. El aparato de la reivindicación 19, en donde el generador de burbujas de gas comprende una bomba de flotación de gas disuelto.
21. Un método para separar una mezcla de fluidos que comprende:
- 20 proporcionar una mezcla de fluidos que comprende un primer componente y un segundo componente, el primer componente tiene una densidad diferente de la densidad del segundo componente;
- proporcionar una zona (114) de generación del vórtice que comprende una pared (112) cónica colocada dentro de un recipiente (100), la zona de generación de vórtice que tiene un extremo superior y un extremo inferior, el extremo superior que tiene un área de sección transversal inferior a la del extremo inferior, la zona de generación de vórtice está construida y dispuesta para dirigir la mezcla de fluidos hacia arriba;
- 25 introducir la mezcla de fluidos en una porción inferior de la zona (114) de generación del vórtice a través de una entrada de fluido que se extiende en la zona de generación de vórtice en un ángulo que tiene un componente tangencial a una pared interna de la zona de generación de vórtice en un punto en la pared interna próxima a la entrada de fluido;
- 30 introducir el flujo ascendente de la mezcla de fluidos en la zona de generación de vórtice, por medio del cual la mezcla de fluidos se eleva a través de la zona de generación de vórtice cuando el área de la sección transversal de la zona generación de vórtice se reduce;
- impartir un impulso de rotación limitado al primer componente y al segundo componente en la zona de generación del vórtice;
- 35 introducir gas en la mezcla de fluidos en la zona de generación de vórtice a través de una entrada de gas que se extiende en la zona de generación de vórtice, en donde la entrada (124) de gas en la zona de generación de vórtice está en un ángulo entre cero a 45 grados por encima de un eje horizontal, o por debajo del eje horizontal;
- 40 liberar el impulso de rotación limitado de la mezcla de fluidos para formar una primera zona que comprende la mezcla de fluidos rica en el primer componente y una segunda zona que comprende la mezcla de fluidos rica en el segundo componente; y descargar al menos una porción de la mezcla de fluidos rica en el primer componente desde una primera salida (120) de fluido del recipiente (100) por encima del extremo superior de la zona (114) de generación de vórtice.
22. El método de la reivindicación 21, en donde el primer componente tiene una densidad mayor que el segundo componente.
- 45 23. El método de la reivindicación 22, en donde el primer componente comprende agua y el segundo componente comprende un hidrocarburo.

24. El método de la reivindicación 21, en donde la introducción de gas en la mezcla de fluidos comprende la introducción de un fluido que comprende gas disuelto en la mezcla de fluidos.
25. El método de la reivindicación 24, en donde la introducción de un fluido que comprende gas disuelto en la mezcla de fluidos comprende introducir el fluido que comprende gas disuelto en múltiples puntos en la zona de generación de vórtice.
- 5
26. El método de la reivindicación 25, en donde la introducción de la mezcla de fluidos en la zona (114) de generación de vórtice comprende la introducción de la mezcla de fluidos a través de al menos una entrada (126) de fluido en una dirección tangencial a una pared interna de la zona de generación de vórtice próxima a la de la entrada de fluido.
- 10
27. El método de la reivindicación 26, en donde la introducción de la mezcla de fluidos en la zona (114) de generación de vórtice comprende la introducción de la mezcla de fluidos a través de al menos una entrada (126) de fluido en una dirección hacia arriba en ángulo.
28. El método de la reivindicación 21, que comprende además el rociado de un material de coalescencia colocado en una zona (116) de separación externa a la zona (114) de generación de vórtice con un gas.
- 15
29. El método de la reivindicación 21, que comprende además la reducción de la turbulencia en una zona (116) de separación externa a la zona (114) de generación del vórtice.

FIG. 1

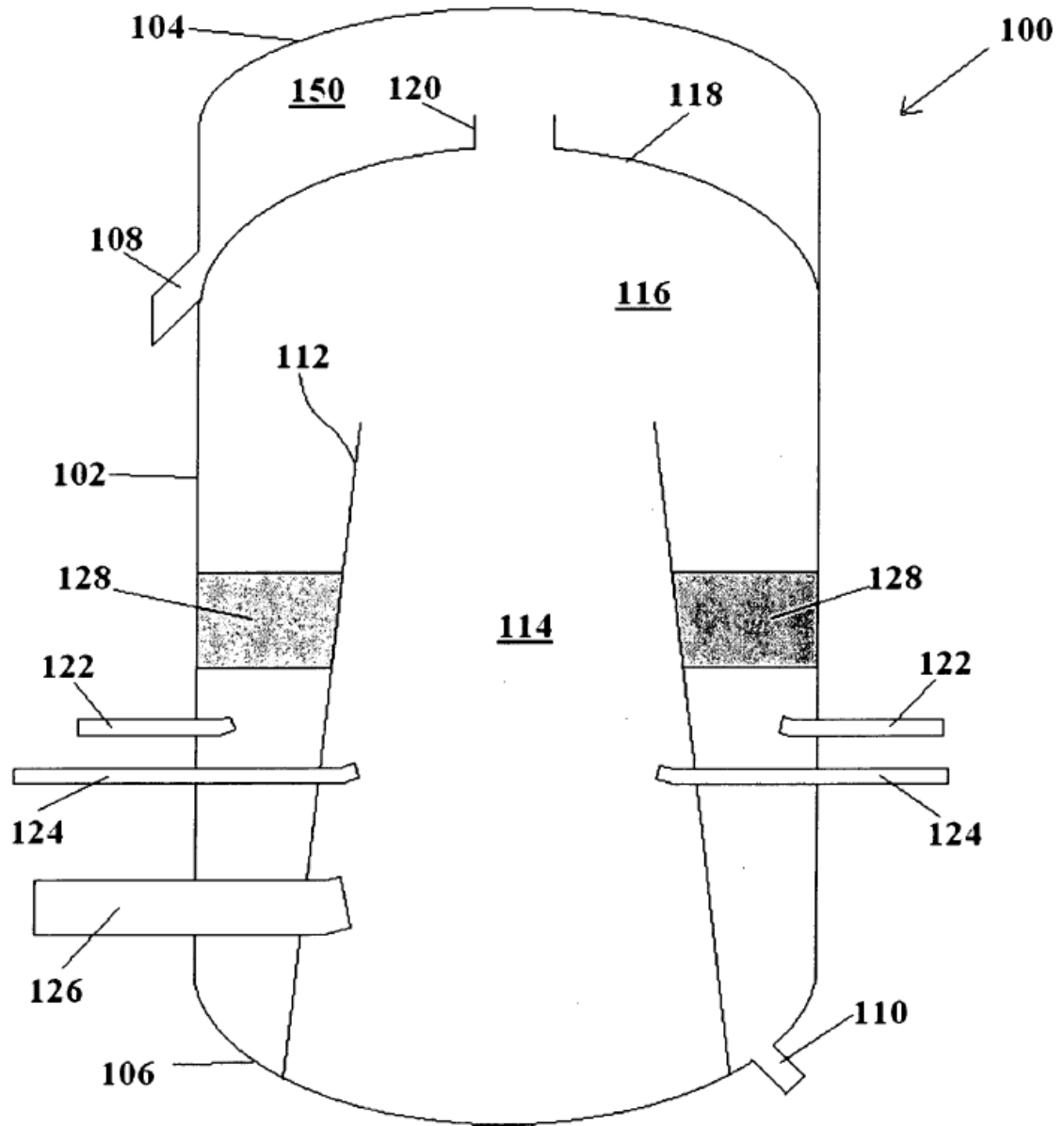


FIG. 2

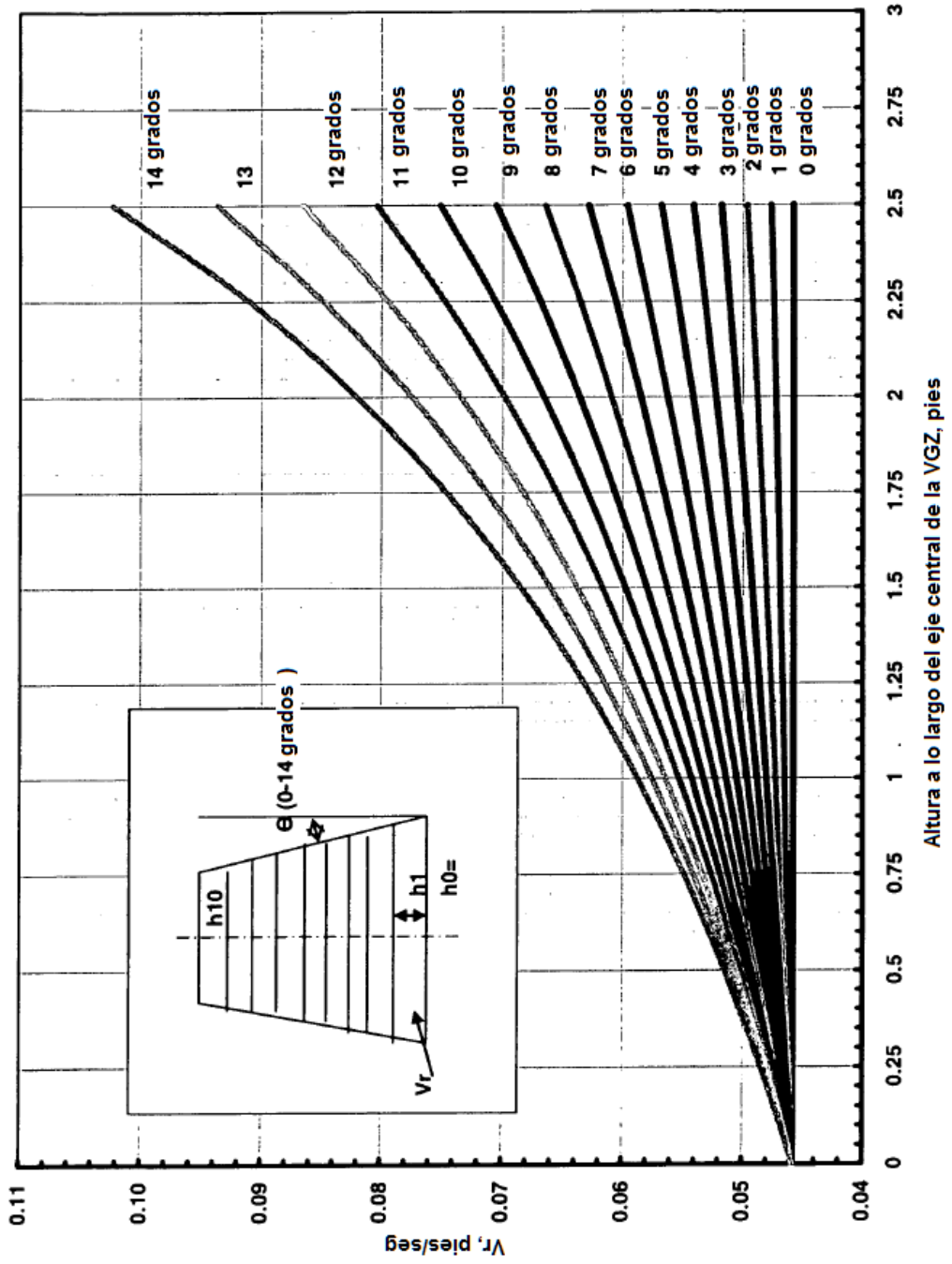


FIG. 3

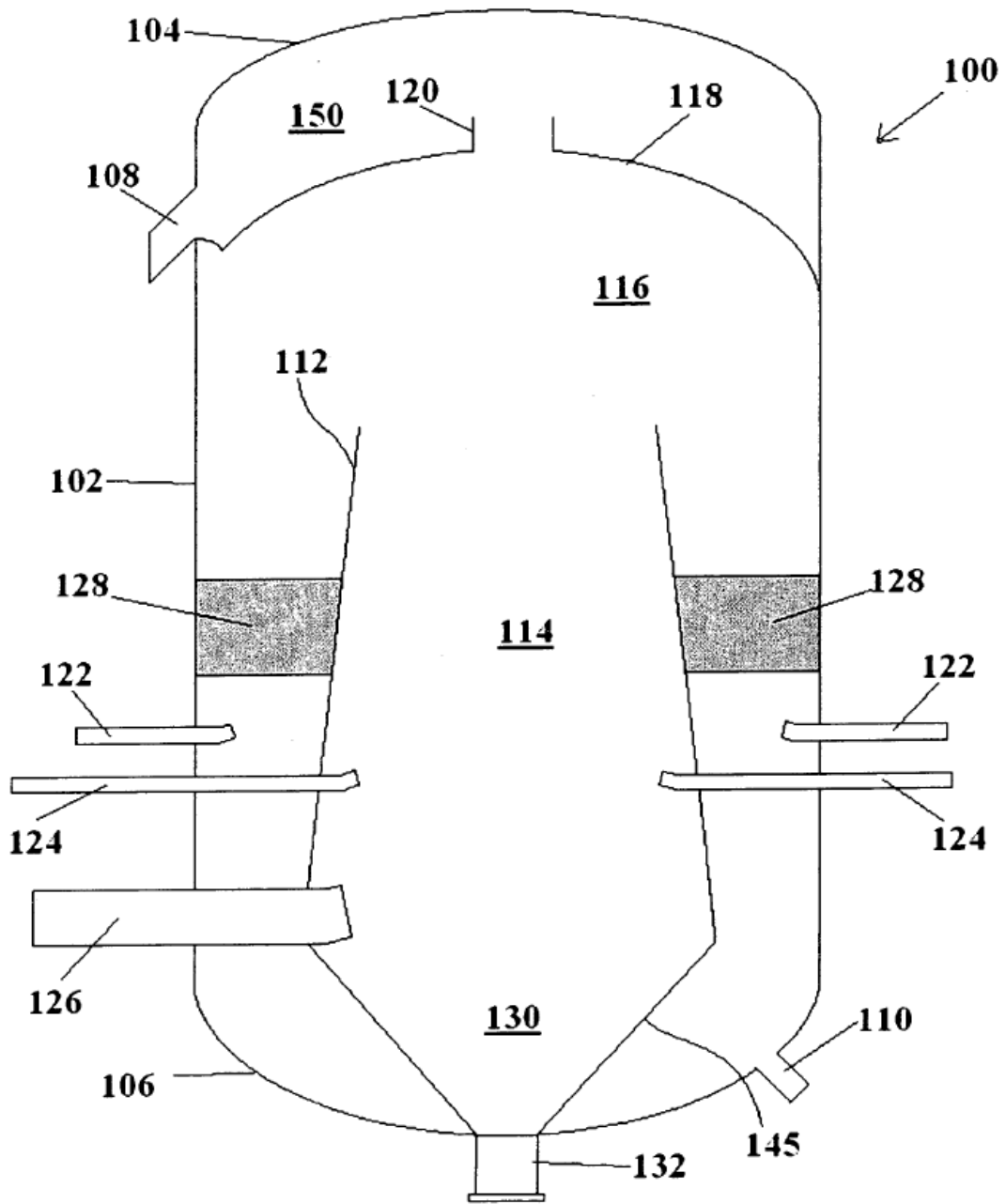


FIG. 4

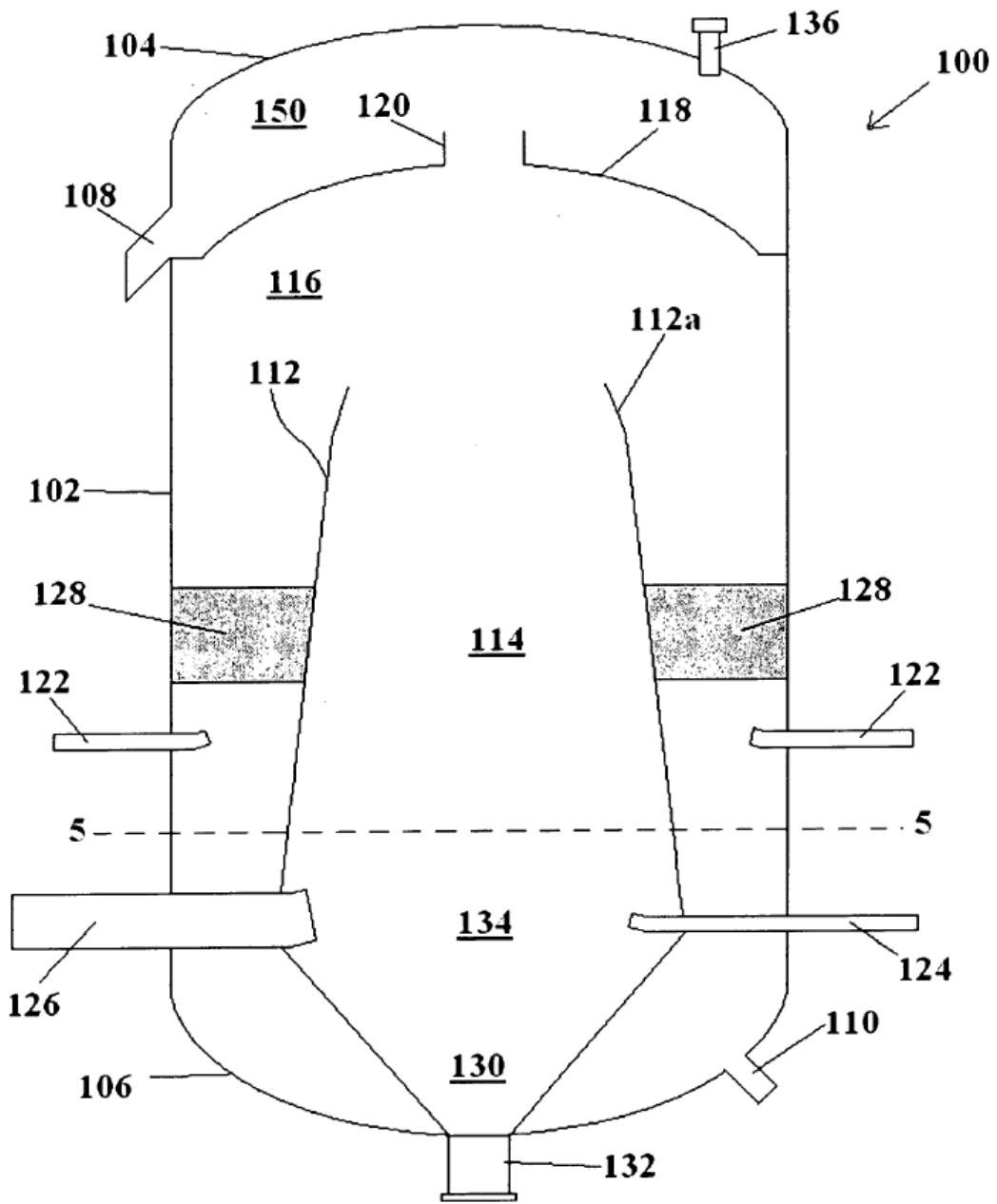


FIG. 5

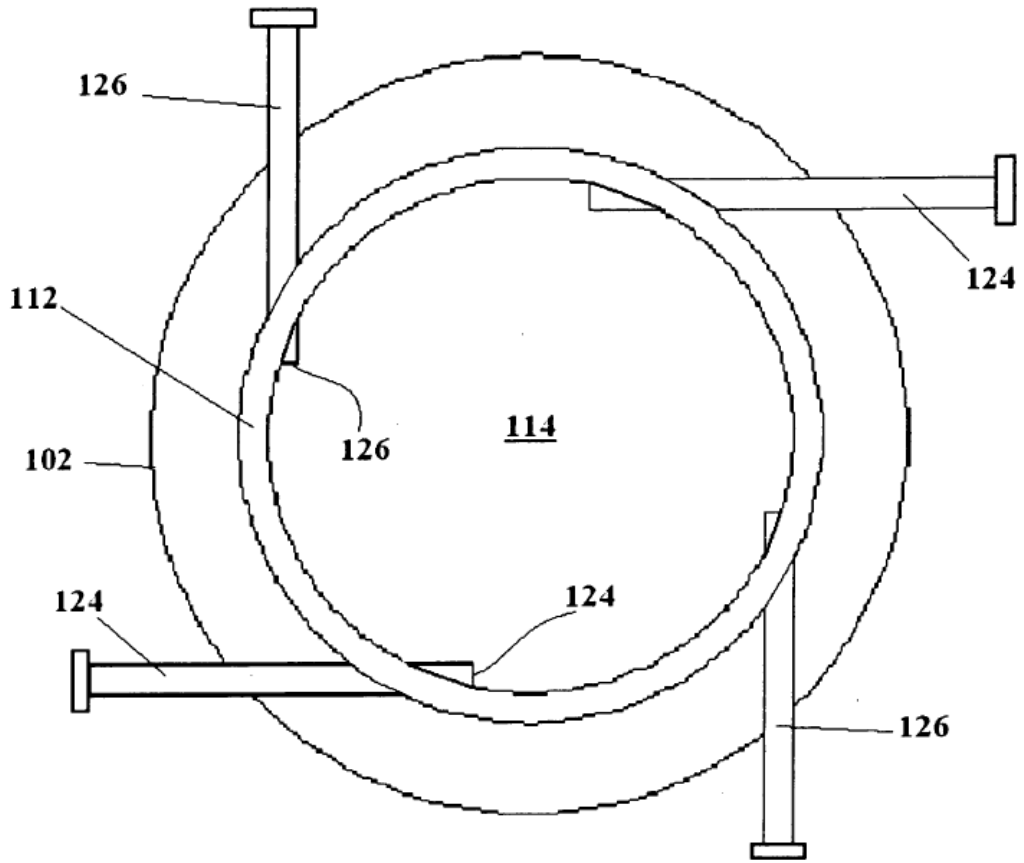


FIG. 6

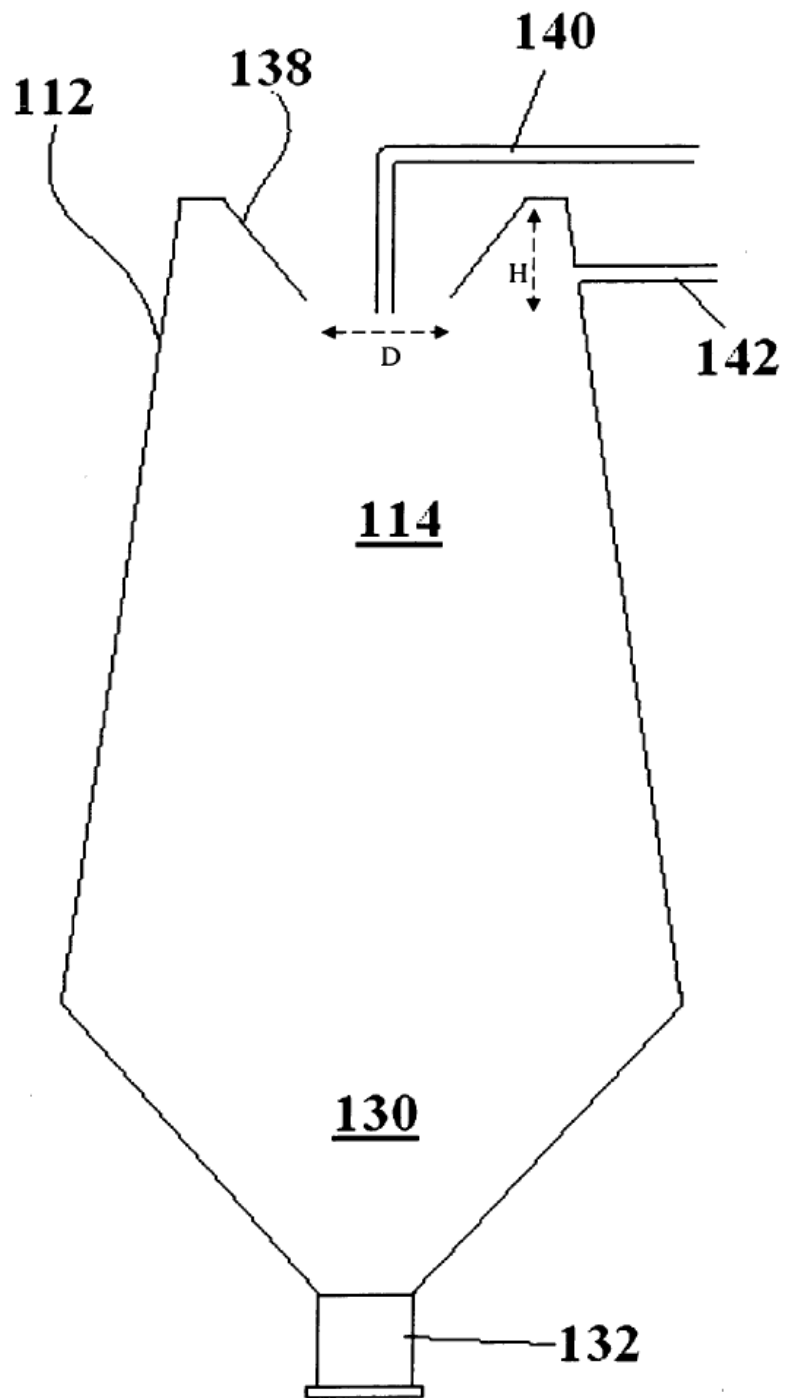


FIG. 7

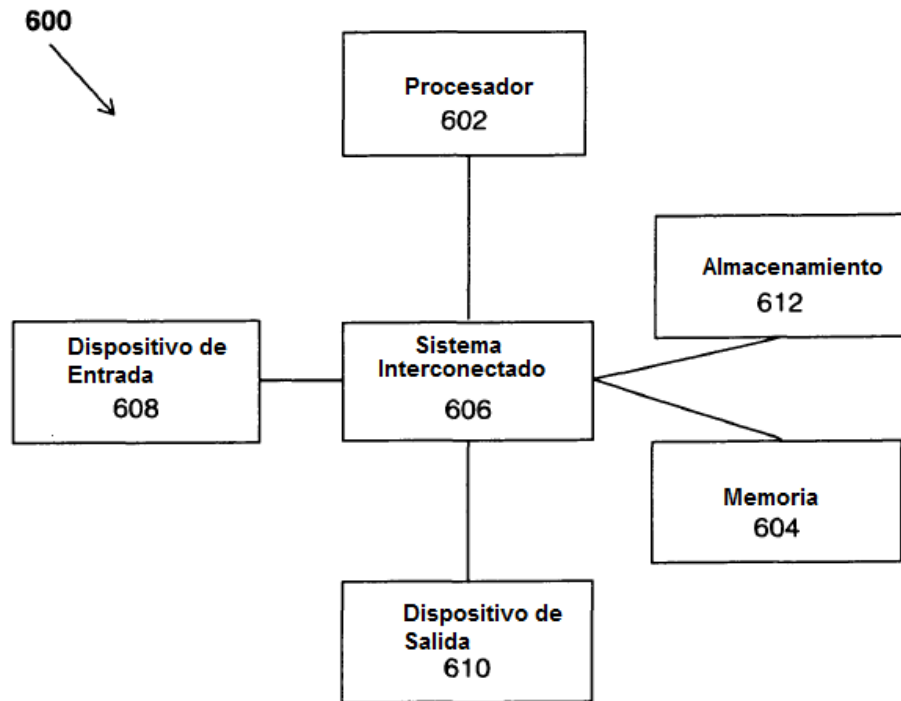


FIG. 8

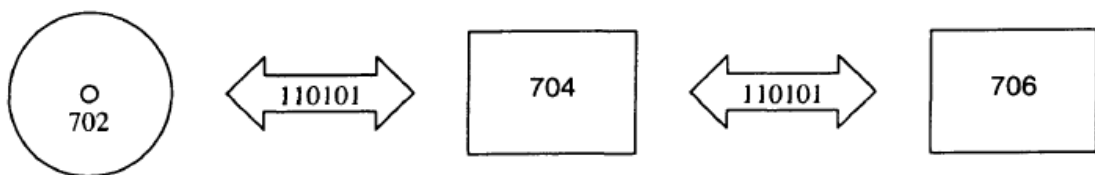


FIG. 9

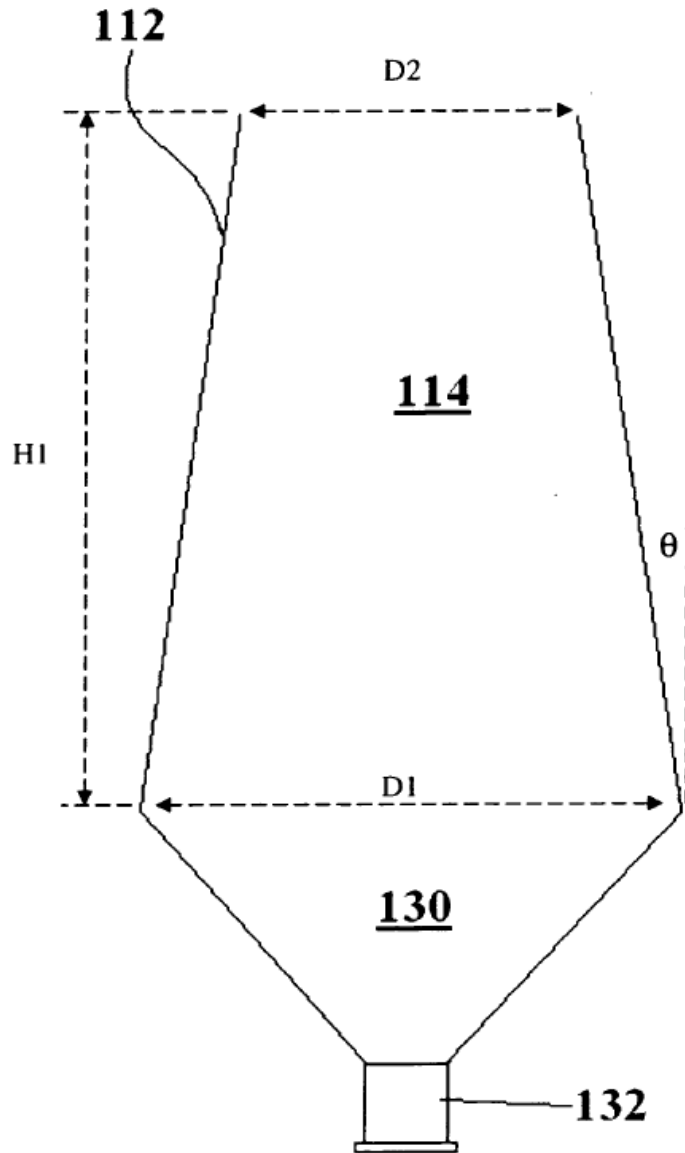


FIG. 10

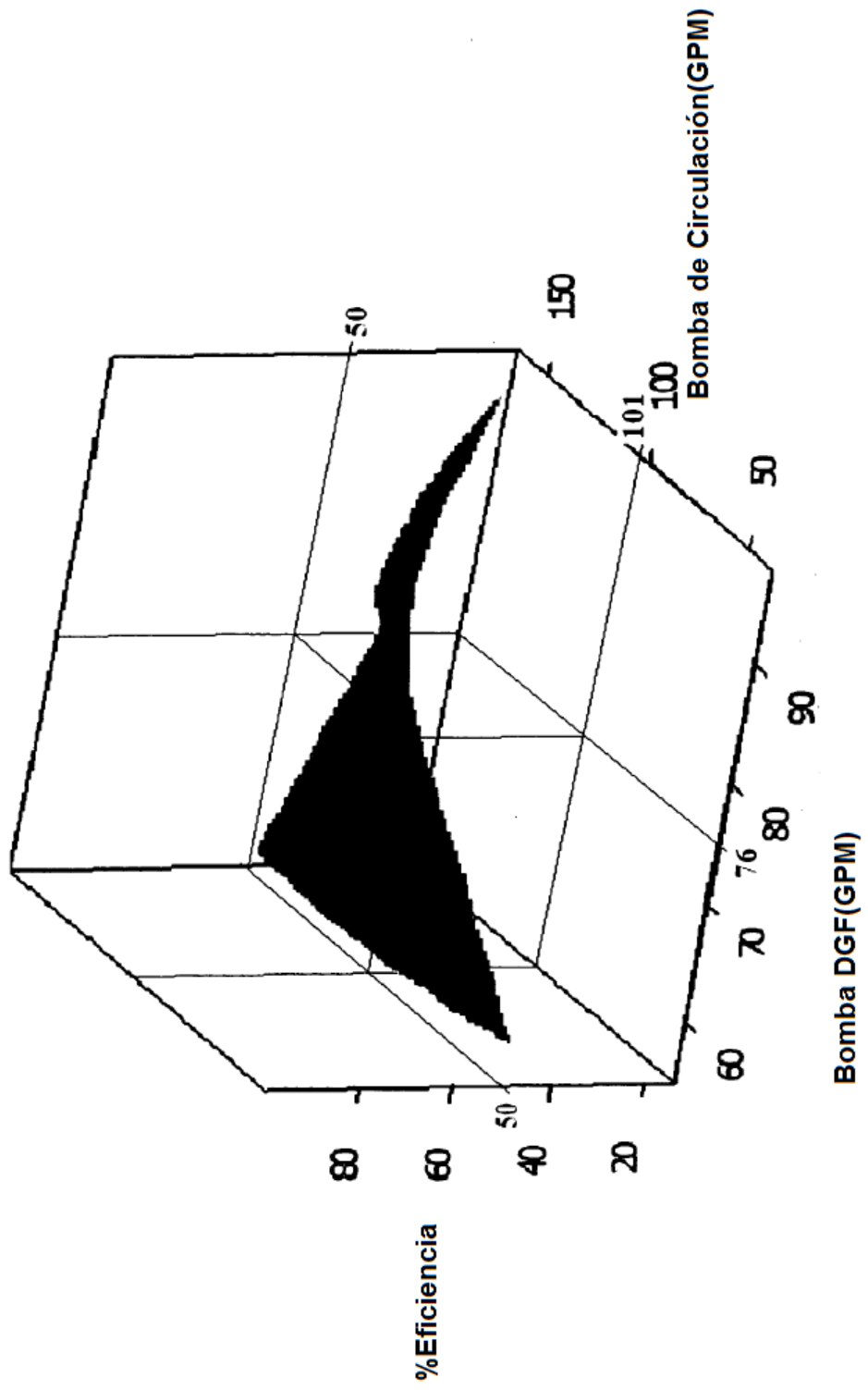


FIG. 11

Gráfico de Contorno del % de Eficiencia vs Bomba de Circulación(GPM), Bomba DGF(GMP)

