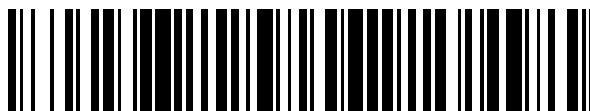


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 786 498**

51 Int. Cl.:

B01D 1/18	(2006.01)
C02F 1/12	(2006.01)
B01D 1/16	(2006.01)
B01D 1/26	(2006.01)
B01D 1/28	(2006.01)
C02F 1/00	(2006.01)
C02F 103/08	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **23.02.2011 PCT/AU2011/000192**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **01.09.2011 WO11103622**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.02.2011 E 11746749 (8)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.02.2020 EP 2539031**

54 Título: **Dispositivo para calentar un líquido que comprende un solvente y un soluto y para separar el solvente y la solución**

30 Prioridad:

23.02.2010 AU 2010900741

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
13.10.2020

73 Titular/es:

**AQUAMILL FIVE STAR PTY LTD (100.0%)
C/- Mason's Accountants, Suite 7, 412 Toorak
Road
Toorak, Victoria 3142, AU**

72 Inventor/es:

**ZMOOD, RONALD BARRY;
WITHINGTON, SIMON JOHN y
BOTCHER, CARL NICHOLAS**

74 Agente/Representante:

PONS ARIÑO, Ángel

ES 2 786 498 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

Dispositivo para calentar un líquido que comprende un solvente y un soluto y para separar el solvente y la solución

5 Campo de la invención

Esta invención se refiere a un dispositivo para calentar un líquido que comprende un solvente y un soluto, y para separar el solvente y el soluto. En una forma de la invención, el dispositivo está adaptado para la purificación de líquidos y el sistema de tratamiento de residuos.

10 **La** intención de la invención es proporcionar un medio térmicamente eficiente e innovador para separar un solvente y un soluto. Como tal, en una forma de la invención, es posible usar evaporación para purificar aguas residuales industriales contaminadas o agua de mar, o similares. La aplicación de esta tecnología, cuando se utiliza con fines de desalinización, también produce un concentrado de cloruro de sodio como un subproducto utilizable.

15 Antecedentes de la invención

En esta memoria descriptiva en la que se hace referencia o se analiza un documento, acto o elemento de conocimiento, esta referencia o análisis no es una admisión de que el documento, acto o elemento de conocimiento o cualquier combinación de los mismos estaba en la fecha de prioridad públicamente disponible, era conocido por el público, o era parte del conocimiento general común o conocido por ser relevante para un intento de resolver cualquier problema relacionado con esta memoria descriptiva. El documento US 4 217 176 divulga un destilador de compresión de vapor, donde el líquido que se va a tratar se alimenta a una cámara mediante boquillas de pulverización, fluye como una película hacia abajo sobre tubos de intercambiador de calor, donde el líquido se evapora parcialmente generando un vapor, que se recoge en la parte superior de la cámara, y pasa a través de un eliminador de neblina antes de entrar en un compresor. El vapor comprimido se alimenta al intercambiador de calor para transferir calor al líquido pulverizado.

El documento DE 377747C divulga un procedimiento para tratar un líquido que contiene sólidos en suspensión para secar y eliminar dichos sólidos y un dispositivo para implementar este procedimiento. El líquido se atomiza dando como resultado gotitas que se rocían en una cámara donde el vapor fluye para secar dichos sólidos. Estos sólidos caen sobre un transportador de tornillo y luego se eliminan. El dispositivo subsidiario comprende un filtro de bolsa que permite la captura de aquellos sólidos que se arrastran inadvertidamente con el vapor y fluyen fuera de la cámara. Una vez capturados son retirados.

35 Aunque la invención se describe con referencia al agua como líquido, se entenderá que el término "líquido" no está tan limitado y que otros líquidos pueden utilizarse con la invención.

Esta invención también está relacionada con la invención divulgada en el documento PCT/2005/001796.

40 Descripción de la invención

Según un primer aspecto de la invención, se proporciona un dispositivo para tratar un líquido que comprende un solvente y un soluto, y para separar el solvente y el soluto, comprendiendo el dispositivo una cámara de tratamiento de flujo continuo que incluye:

- 45 (a): una o más zonas de secado;
 (b): una o más zonas de retorno para hacer circular el fluido de calentamiento continuamente a través de la(s) zona(s) de secado y la(s) zona(s) de retorno secuencialmente;
 (c): una(s) entrada(s) de fluido de calentamiento en al menos una de las zonas de retorno para la introducción del fluido de calentamiento;
 50 (d): un ventilador de circulación para hacer circular el fluido de calentamiento;
 (e): una(s) entrada(s) de líquido en la(s) zona(s) de secado que incluye(n) una o más boquillas a través de las cuales el líquido que se va a tratar se introduce en forma de neblina en la(s) zona(s) de secado;
 (f): un/unos colector(es) de soluto ubicado(s) en la(s) zona(s) de secado aguas abajo de la(s) entrada(s) de líquido;

55 donde el líquido introducido se calienta por el fluido de calentamiento y el soluto se separa del líquido en el/los colector(es) de soluto.

Los dispositivos de la invención facilitan la gestión de la energía de cambio de fase relativamente grande de líquido a gas y de gas a líquido manteniéndola dentro del único entorno operativo.

El dispositivo funciona como un sistema cerrado desde una perspectiva energética, pero es un sistema abierto desde una

perspectiva de flujo másico. Por lo tanto, solo se requiere una pequeña cantidad de energía de entrada a los componentes de control para gestionar esta energía considerablemente mayor.

5 Típicamente, donde hay dos o más zonas de secado, las zonas de secado están ubicadas en serie y pueden ubicarse sustancialmente paralelas entre sí.

Preferentemente, el dispositivo incluye además al menos un intercambiador de calor situado aguas abajo del/de los colector(es) de soluto para aumentar la temperatura del fluido de calentamiento utilizado en una zona de secado aguas abajo.

10 Es bien sabido que hay impurezas en el agua que afectan su dureza. El agua dura puede causar incrustaciones en los procesos y equipos de tratamiento de agua convencionales. La dureza se refiere a la presencia de iones disueltos, principalmente de iones de calcio Ca^{2+} y de magnesio Mg^{2+} que se adquieren a través del contacto del agua con rocas y sedimentos en el medio ambiente. Las cargas eléctricas positivas de estos iones están equilibradas por la presencia de aniones (iones negativos), de los cuales el bicarbonato HCO_3^{2-} , el carbonato CO_3^{2-} y el sulfato SO_4^{2-} son los más importantes. La solubilidad de los sulfatos y bicarbonatos disminuye con el aumento de la temperatura, lo que significa que en un proceso térmico tradicional los sulfatos y carbonatos se forman preferentemente en las superficies más calientes, principalmente los intercambiadores de calor. Esto causa ensuciamiento (incrustaciones) y pérdida de rendimiento de los intercambiadores de calor y da como resultado una disminución rápida del rendimiento térmico del sistema, así como un aumento de los costes de mantenimiento y del tiempo de inactividad.

En el dispositivo de la presente invención, cuando se aplica a dicha agua, los sulfatos y carbonatos quedan atrapados sustancialmente dentro de las gotitas de líquido a medida que se mueven junto con el fluido de calentamiento y se secan. De este modo, las gotitas se unen en el colector de soluto (eliminador de neblina) y se drenan con el flujo de desechos. 25 Al colocar los intercambiadores de calor aguas abajo del colector de soluto, cualquier efecto adverso de los sulfatos y carbonatos se reduce o elimina significativamente ya que no tienen contacto material con esos intercambiadores de calor. Esto reduce drásticamente el ensuciamiento de los intercambiadores de calor y aumenta significativamente su rendimiento térmico a largo plazo. Además, dado que los colectores de soluto (eliminadores de neblina) funcionan a una temperatura más baja que las gotitas, en cualquier caso, solo causarán una acumulación mínima de incrustaciones.

30 Se apreciará que los dispositivos de la invención pueden controlarse mediante sistemas convencionales de control de equilibrio de presión y calor. Se incorporará un software informático que incorpora bucles de control para la presión de la cámara interna y el control del equilibrio térmico. El diseño y la función de dicho software está dentro de las competencias ordinarias de los programadores informáticos.

35 En aplicaciones de agua y donde los intercambiadores de calor están presentes, a medida que el agua superficial en las gotitas se evapora, se produce vapor. Un flujo parcial de vapor se extrae típicamente aguas abajo de los colectores de soluto (eliminadores de neblina). Se comprime por un compresor y se alimenta a un intercambiador de calor aguas arriba para calentar el fluido de calentamiento. El sistema de control está diseñado para alterar la velocidad del compresor para compensar los aumentos en la presión de vapor de la cámara. La cantidad de energía disponible que se devolverá al intercambiador de calor aguas arriba para mantener la estabilidad térmica también está controlada por el caudal del compresor y la presión de funcionamiento. Además, se puede incorporar un intercambiador de calor externo en el sistema para ayudar al control del equilibrio de masa de vapor a fin de aumentar la estabilidad del sistema. Por ejemplo, una pared de la zona de secado puede estar dotada de una válvula continuamente variable para ventilar la masa de vapor y mantener 45 la zona de secado dentro de los límites establecidos. El intercambiador de calor externo está conectado a la salida de la válvula para recuperar energía de la masa de flujo ventilada. El soluto purificado ventilado también puede ser recuperable.

Los dispositivos de la invención también son muy adecuados para tratar soluciones hipersalinas y soluciones similares. Son capaces de funcionar con concentraciones de soluto mucho más altas que los procesos de membrana competitivos. 50 Las soluciones de salmuera y otros líquidos de alta concentración están más allá de las capacidades técnicas o económicas de la ósmosis inversa y otros enfoques similares. Esos enfoques requieren altas presiones de bombeo que, junto con el coste de las membranas, limitan las concentraciones de soluciones que pueden tratar. Por el contrario, los dispositivos de la invención pueden funcionar por debajo o por encima de la presión atmosférica a temperaturas bajas a medias.

55 En otro aspecto de la invención, la zona de secado en la que se introduce y seca el líquido puede optimizarse adicionalmente incorporando células de secado que son zonas de subsecado y recirculación de fluido de calentamiento de maneras particulares.

60 Según este aspecto, se proporciona un dispositivo para tratar un líquido que comprende un solvente y un soluto, y que separa el solvente y el soluto, comprendiendo el dispositivo una cámara de tratamiento de flujo continuo que incluye:

- (a) una o más zonas de secado, donde al menos una de las zonas de secado incluye al menos dos celdas de secado, teniendo cada celda de secado:
- (i) una(s) entrada(s) de líquido que incluye(n) boquillas a través de las cuales el líquido que se va a tratar se introduce en forma de neblina en la celda de secado;
 - 5 (ii) un/unos colector(es) de soluto ubicado(s) en la célula de secado aguas abajo de la(s) entrada(s) de líquido;
 - (iii) una entrada de celda de secado para el fluido de calentamiento.
 - (b) una o más zonas de retorno para hacer circular el fluido de calentamiento continuamente a través de la(s) zona(s) de secado y la(s) zona(s) de retorno secuencialmente;
 - (c) una(s) entrada(s) de fluido de calentamiento en al menos una de la(s) zona(s) de retorno para la introducción del fluido
 - 10 de calentamiento; y
 - (d) un ventilador de circulación para hacer circular el fluido de calentamiento;

donde el líquido introducido se calienta por el fluido de calentamiento y el soluto se separa del líquido en el/los colector(es) de soluto.

15 En una forma preferida de la invención, cada celda de secado incluye además un intercambiador de calor situado aguas abajo del colector de soluto para aumentar la temperatura del fluido de calentamiento.

En otra forma preferida de la invención, el soluto recogido en una celda de secado se hace circular hasta la entrada de

20 líquido de la celda de secado aguas abajo. Esto se conoce como sistema de secado por inyección en cascada hacia adelante.

En una forma preferida adicional de la invención, el soluto recogido en una celda de secado se hace circular hasta la salida de líquido de la celda de secado aguas arriba. Esto se conoce como sistema de secado por inyección en cascada

25 hacia atrás.

Debe entenderse que el flujo de soluto entre las células de secado puede adoptar cualquier configuración deseable. Por ejemplo, puede ser una combinación de los sistemas de secado por inyección en cascada hacia atrás y hacia adelante.

30 Descripción de los dibujos

La invención se ilustra ahora adicionalmente con referencia a las figuras, en las que:

La Fig. 1 es una vista seccionada de la cámara de tratamiento de flujo continuo.

35 La Fig. 2 es un diagrama de flujo de proceso de la cámara ilustrada en la Fig. 1.

La Fig. 3 es un dibujo de una zona de secado de la invención.

40 La Fig. 4 es un dibujo de una zona de secado por inyección en cascada hacia delante de la invención.

La Fig. 5 es un dibujo de una zona de secado por inyección en cascada hacia atrás de la invención.

Una vista seccionada de la cámara principal se muestra en la Fig. 1. En esta figura, las flechas muestran las trayectorias

45 de flujo seguidas por el gas que llena la cámara. En funcionamiento, este gas 100 consiste en una mezcla de vapor sobrecalentado a una presión cercana a la atmosférica y de gotitas de agua contaminada que se desplazan a lo largo de las zonas de secado izquierda y derecha 101, 102. Sin embargo, se entenderá que puede haber ventajas significativas en algunos casos al hacer funcionar el proceso a presiones muy superiores o inferiores a la presión atmosférica. Por ejemplo, en un funcionamiento muy por debajo de la presión atmosférica podemos establecer la temperatura de la cámara

50 a unos 50 °C aproximadamente, que está por debajo de las temperaturas de inversión de concentración de saturación para las sales de Mg y Ca.

Se hará referencia a estas zonas en la descripción de las Figs. 1 y 2 como zonas A, 101 y B, 102, respectivamente. Las zonas de secado están unidas en los extremos delantero y trasero por la caja de extremo de ventilador 103 (zona) y la

55 caja de extremo de retorno 104 (zona) respectivamente. Forman así un circuito cerrado donde el gas de calefacción es impulsado a su alrededor por los ventiladores de circulación 105, de manera similar a un túnel de viento aerodinámico.

En cada zona de secado 101 y 102 mostrada hay una serie de elementos necesarios para el funcionamiento del dispositivo. En el extremo de entrada de gas de cada zona, en la dirección del flujo de gas, primero hay un conjunto de pantallas de

60 enderezamiento de flujo 106, seguido de un intercambiador de calor (HX3) 107 y después un ensamblado de boquillas de pulverización 108. En el extremo de salida de gas de cada zona hay un eliminador de neblina (ME) 109. El propósito de las pantallas de enderezamiento de flujo 106 es asegurar un flujo de gas distribuido uniformemente sobre los

intercambiadores de calor 107 y un flujo de gas uniforme en las zonas de secado 101 y 102.

Además de la cámara principal (zonas A y B) 101, 102, el sistema incluye un compresor 110 y un motor 111, que se usa como parte de la bomba de calor de ciclo Rankine abierta. Este componente solo se muestra en la Fig. 2 y típicamente extrae vapor de la caja de extremo de retorno 104, lo comprime y después lo alimenta a los intercambiadores de calor HX3 107, donde se condensa y produce el flujo de producto de agua purificada de la máquina. Una consecuencia de este esquema es que la energía térmica dada por el vapor de condensación se usa para calentar el gas en la cámara principal 101, 102. Como resultado, una proporción significativa de la energía térmica contenida en el vapor de condensación se recicla en el proceso, aumentando así la eficiencia energética global en un factor significativo.

El agua de alimentación contaminada 112 que se va a purificar se filtra previamente y se trata químicamente antes de alimentarse al dispositivo. Esta agua de alimentación es bombeada por una bomba de alta presión 113 a través de un intercambio de calor 114 hasta las boquillas de pulverización 108 y se mezcla con el gas circulante 100 en las zonas de secado (A y B) 101, 102. A medida que la neblina fina desciende por las zonas de secado 101, 102, se intercambia energía térmica entre el gas 100 y las gotitas, lo que hace que el agua de las gotitas se evapore y forme vapor. Como resultado, la masa de las gotitas disminuye y aumenta la concentración de sal dentro de cada gotita. Después de que las gotitas hayan descendido una distancia por la zona de secado y se haya eliminado la mayor parte del agua dentro de las mismas, los eliminadores de neblina 107 recogen las gotitas restantes y las recogen en la base de la máquina como flujo de concentrado 115.

Como puramente ilustrativo, durante el proceso el diámetro de las gotitas puede estar, por ejemplo, en el intervalo de 15 a 40 μm , y la velocidad del gas en el intervalo de 1 a 3,5 m/s. Para una solución de NaCl/H₂O del 3,5 por ciento en masa (típica del agua de mar) se ha demostrado experimentalmente que el caudal volumétrico del concentrado es significativamente inferior al 30 por ciento del caudal de agua de alimentación contaminada. Además, se ha demostrado que el flujo de condensado cumple con las normativas de agua potable.

Como se puede ver en la Fig. 2, la cámara principal está compuesta por dos zonas de secado de gotitas 101, 102 y por las cajas de extremo de ventilador y de extremo de retorno 104, 105. Como se muestra, el gas de cámara 100 es conducido alrededor del circuito cerrado mediante ventiladores de circulación 105 cuyas velocidades del motor de accionamiento están controladas por un accionamiento electrónico de velocidad variable (VSD) 116. Puesto que el proceso de secado para ambas zonas es esencialmente el mismo, la siguiente explicación se concentra en la Zona B 101.

Después de que el gas 100 atraviese la Zona B, es esencialmente vapor sobrecalentado seco cuando sale de la caja de extremo de ventilador 103 y entra en las pantallas 106, cuyo propósito es enderezar el flujo de gas y garantizar que la velocidad del flujo sea uniforme a través de la cara del intercambiador de calor HX3 107. Normalmente, el vapor estará a la presión atmosférica o cerca de ella con un ligero sobrecalentamiento a medida que entra en el intercambiador de calor y sale con un aumento de temperatura de 10 °C a 20 °C aproximadamente.

Inmediatamente después del intercambiador de calor 107 se encuentra la matriz de boquillas de pulverización 108, que emite una pulverización de agua de alimentación contaminada finamente atomizada a una temperatura de aproximadamente 99 °C que desciende por la zona 102 mezclada con el vapor que sale del HX3 107. Debido a la proximidad de la gotita al vapor circundante, hay una transferencia de calor significativa del vapor sobrecalentado a las gotitas. Para cuando las gotitas han alcanzado el eliminador de neblina ME 109, la mayor parte de su contenido de agua se ha evaporado en vapor, y los contaminantes se concentran en las gotitas restantes. La experiencia ha demostrado que más del 70 por ciento del agua puede evaporarse durante este proceso. Una característica de este proceso de evaporación es que ocurre en un volumen desprovisto de superficies de transferencia de calor caliente, de modo que los problemas de formación de incrustaciones en las superficies calientes, particularmente por los compuestos iónicos de Mg²⁺ y Ca²⁺, se reducen considerablemente.

Debido a la transferencia de calor del vapor a las gotitas de agua a medida que se desplazan juntas a lo largo de la zona de secado 102, hay una caída correspondiente en la temperatura del vapor desde su temperatura de salida hasta unos pocos grados de sobrecalentamiento. Dado que este proceso de transferencia de calor no puede ocurrir instantáneamente, la longitud de la zona de secado 102 necesita ser cuidadosamente seleccionada para garantizar el tiempo adecuado para que ocurra el proceso de secado. La relación entre la longitud de la zona de secado, la velocidad del gas, el tamaño de las gotitas, la concentración inicial de sal disuelta, la temperatura de salida del intercambiador de calor, el gradiente de temperatura a lo largo de la zona y la producción de concentrado requerida es extremadamente compleja, pero está sujeta a modelización matemática y simulación por ordenador.

Como se mencionó anteriormente, cuando las gotitas llegan al eliminador de neblina 109 bajo las condiciones de funcionamiento anteriores, contienen menos del 30 por ciento de su masa inicial de agua. Al variar las condiciones de funcionamiento, y especialmente las temperaturas de funcionamiento y la longitud de secado, la magnitud de la producción de concentrado se puede controlar dentro de un amplio intervalo, de modo que si es necesario se puede reducir a menos

del 5 por ciento de la masa inicial de agua.

Una vez que el gas cargado con las gotitas secas llega al eliminador de neblina 109, funciona para separar las gotitas del gas 100. El gas 100 pasa a través del eliminador 109 como vapor seco sobrecalentado, mientras que las gotitas se
5 recogen en el eliminador y se drenan por gravedad en la tubería de drenaje de concentrado 115. Típicamente, el eliminador de neblina 109 puede separar las gotitas del gas 100 con casi el 100 por ciento de eficiencia siempre que los diámetros de las gotitas no caigan por debajo de un tamaño crítico de aproximadamente 5 μm . Para los diseños experimentales actuales es importante controlar los diámetros de las gotitas de rociado para que este límite de tamaño crítico no se rompa. Después de pasar a través del eliminador de neblina 109, el gas 100 fluye alrededor de la caja de
10 extremo de retorno 104 y entra en la Zona A 101, donde se repite el proceso descrito para la Zona B.

OTRAS MEJORAS

Para mejorar la eficiencia operativa del dispositivo, se han implementado una serie de etapas de recuperación de energía
15 como se analiza a continuación.

Circuito de compresor principal

Como se analizó anteriormente, cada HX3 107 se usa para aumentar la temperatura del gas que fluye alrededor de la
20 cámara principal entre 10 °C y 20 °C aproximadamente. Para suministrar la energía térmica para lograr esto, el vapor sobrecalentado se aspira en la línea de succión de compresor 117, como se muestra en la Fig. 2, desde la caja de extremo de retorno 104, y se alimenta al puerto de entrada de compresor 110. Este vapor se comprime típicamente de manera adiabática en el compresor 110 a una relación de presión en el intervalo de 1,7-2,0. Además, el agua de enfriamiento de compresor se inyecta en el puerto de enfriamiento de entrada para garantizar que la temperatura del vapor en la salida
25 del compresor esté solo ligeramente por encima de la temperatura de saturación de vapor T_{sat} para la relación de presión seleccionada. En algunas circunstancias, se debe inyectar agua adicional para eliminar el sobrecalentamiento más cerca de las entradas del intercambiador de calor, como se muestra en 118 en la Fig.2. El vapor saturado se alimenta después a los dos intercambiadores de calor HX3 107, y dado que su temperatura excede la temperatura de entrada de gas en cada HX3 107, la energía térmica se transferirá desde el vapor de entrada al gas. Como resultado de esta transferencia
30 de calor, el vapor se condensará en agua y, por lo tanto, el HX3 107 puede denominarse intercambiador de calor de condensación.

Como resultado de la condensación de vapor en cada HX3 107, el calor latente de vaporización del vapor se recupera efectivamente y se usa para calentar el gas en la cámara principal 101, 102 a medida que pasa a través de cada
35 intercambiador de calor 107. El condensado, que es agua purificada, se recoge del fondo de cada HX3 107 y se alimenta a través de la línea de condensado 119 al intercambiador de calor HX2 114.

Cabe señalar que esta recuperación de energía se logra mediante el compresor haciendo un trabajo mecánico y, por lo tanto, el proceso no contraviene la segunda Ley de Termodinámica.
40

Circuito de agua de alimentación

El condensado sale del fondo de cada HX3 107 a la temperatura de saturación correspondiente a la relación de presión de compresor seleccionada y se alimenta al intercambiador de calor HX2 114, que se utiliza para recuperar el calor
45 sensible en el condensado cuando se descarga a una temperatura cercana a la temperatura ambiente. Este calor sensible se usa para precalentar el agua de alimentación contaminada 112 antes de alimentarla a las boquillas de pulverización 108.

Circuito de equilibrio de masa de la cámara principal

Para mantener el equilibrio de calor y masa en la cámara principal, se usa un intercambiador de calor adicional HX4 120. El vapor se extrae de la caja de extremo de retorno 104 y se alimenta al HX4 120, donde se condensa y después se alimenta a la línea de condensado 119. La masa de vapor extraído se controla mediante una válvula de control (no mostrada) para mantener preferentemente la presión de la cámara principal a ± 500 Pa en torno a la presión atmosférica.
50 Este intercambiador de calor 120 también tiene un efecto secundario de variar el equilibrio de calor de la cámara principal y, por lo tanto, puede usarse para ajustar las temperaturas internas de la cámara.

Múltiples fases en cascada

En las múltiples fases en cascada, el líquido tratado se inyecta en la zona de secado varias veces en lugar de usar una única zona de secado larga. El concepto original de zona de secado como se ilustra en la Fig. 3 consiste en un intercambiador de calor 107 colocado en la entrada de la zona de secado 102 frente a un sistema de boquillas 108. Al
60

final de la zona de secado 102, hay dispuesto un colector de soluto (eliminador de neblina) 109 para recoger el soluto pero dejando pasar el gas de solvente.

Las múltiples fases en cascada dividen cada zona de secado 102 en varias subzonas a lo largo de la trayectoria del líquido que se está tratando para formar miniceldas de secado 121. Como se muestra en las Figs. 4 y 5, cada celda de secado 121 consiste en un intercambiador de calor 107 y un ensamblado de boquillas 108 en la entrada, y un colector de soluto (eliminador de neblina) 109 en el extremo de salida aguas abajo de la celda de secado 121.

El modo general de funcionamiento es el siguiente:

- 10
- El líquido que se va a tratar se rocía inicialmente a través de las boquillas 108 en la primera celda de secado 121, donde se evapora un porcentaje de cada gotita mediante interacción con el fluido de calentamiento y después se recoge por el colector de soluto (eliminador de neblina) 109 aguas abajo.
- 15
- el soluto así recogido se hace circular hasta otra celda de secado 121 bombeada a través de las boquillas 198 de esa celda de secado 121, donde esas gotitas se evaporan más y se recogen al final de esa celda de secado 121 en el colector de soluto (eliminador de neblina) 109 aguas abajo.
 - se sigue la misma secuencia en relación con otras células de secado 121.
- 20
- Solo a modo de ejemplo, las múltiples fases en cascada pueden tener dos configuraciones como se describe a continuación. Sin embargo, hay innumerables disposiciones posibles de múltiples fases que serán fácilmente evidentes para los expertos en la técnica.
- 25
- La primera configuración es una aplicación en cascada hacia adelante a lo largo de la zona de secado, donde las celdas de secado están ubicadas secuencialmente a lo largo de la trayectoria de vapor de solvente. La segunda configuración es una aplicación en cascada hacia atrás, donde la inyección inicial tiene lugar en una celda de secado y el soluto recogido se hace circular hasta una celda de secado aguas arriba.
- 30
- Se entenderá también que es posible un enfoque que use una combinación de las dos configuraciones.

Inyección en cascada hacia adelante

Esta configuración se representa en la Fig. 4. La primera celda de secado 121 está dispuesta al comienzo de la zona de secado y las celdas de secado posteriores 121 están ubicadas en serie a lo largo de la zona de secado hasta la celda de secado final 121, como se muestra. Cada celda de secado 121 aprovecha el fenómeno de la zona de secado de que la evaporación de las gotitas no es una función lineal de la longitud de secado de toda la zona de secado. Se considera que la función de evaporación está más cerca de una respuesta logarítmica, por lo que se pierde una mayor proporción de masa de cada gotita al comienzo de la zona de secado, donde la diferencia de temperatura entre el gas de solvente y las gotitas de solución es más alta.

Las ventajas de la inyección en cascada hacia adelante con respecto a una zona de secado normal son que las celdas de secado son fáciles de organizar, y el bombeo con soluto recogido se diseña fácilmente. Se incurre en un coste de capital de recargo con más intercambiadores de calor, colectores de soluto (eliminadores de neblina), boquillas y bombas requeridos que una simple zona de secado extendida. Sin embargo, se logra un rendimiento volumétrico de procesamiento significativamente mayor usando celdas de secado, mientras que solo hay un aumento marginal en el coste. Además, se puede lograr un control más preciso en el proceso de secado de gotitas con este enfoque.

Inyección en cascada hacia atrás

50

Una variación adicional de las múltiples fases en cascada es usar una aplicación en cascada hacia atrás donde las células de secado 121 se disponen en orden inverso con respecto al flujo de fluido. Como se ilustra en la Fig. 5, en lugar de colocar la primera celda de secado 121 al comienzo de la zona de secado, se coloca al final de la zona de secado. Cada celda de secado posterior 121 se coloca frente a la anterior hasta que se llega al inicio de la zona de secado.

55

Esencialmente, el soluto recogido de mayor concentración se hace circular hacia atrás a través del proceso de la zona de secado.

Esta configuración tiene la ventaja de usar mayores diferencias de temperatura dentro de la zona de secado global en comparación con la inyección en cascada hacia adelante y, por lo tanto, permite una mayor contracción de la zona de secado. Sin embargo, hay costes adicionales con esta configuración, ya que los flujos de masa de bombeo deben gestionarse estrechamente y se requiere un sistema de control de orden superior para equilibrar los flujos de masa y energía dentro del sistema. Si bien se muestran tres celdas de secado en las Figs. 4 y 5, el número de celdas de secado

en una zona de secado no está tan limitado. La invención se define por las reivindicaciones adjuntas. Cualquier información que quede fuera del alcance de las reivindicaciones solo tiene fines explicativos.

REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo para tratar un líquido que comprende un solvente y un soluto y para separar el solvente y el soluto, comprendiendo el dispositivo una cámara de tratamiento de flujo continuo que incluye:
- 5 (a) una o más zonas de secado (101,102);
(b) una o más zonas de retorno (103,104) para hacer circular el fluido de calentamiento continuamente a través de la(s) zona(s) de secado (101,102) y la(s) zona(s) de retorno (103,104) secuencialmente, incluyendo el fluido de calentamiento un fluido que contiene las mismas moléculas que el solvente;
- 10 (c) una(s) entrada(s) de fluido de calentamiento en al menos una de las zonas de retorno (103,104) para la introducción del fluido de calentamiento;
(d) un ventilador de circulación (105) para hacer circular el fluido de calentamiento;
(e) una(s) entrada(s) de líquido en la(s) zona(s) de secado (101, 102) que incluye(n) boquillas a través de las cuales el líquido que se va a tratar se introduce en forma de neblina en las zonas (101,102);
- 15 (f) un/unos colector(es) de soluto (109) ubicado(s) en la(s) zona(s) de secado (101,102) aguas abajo de la(s) entrada(s) de líquido y que recoge(n) las gotitas de dicho líquido en forma de neblina;
donde el líquido introducido se calienta por interacción directa con el fluido de calentamiento y donde el/los colector(es) de soluto (109) es/son un eliminador(es) de neblina, y
donde al menos una de las zonas de secado (101,102) incluye al menos dos celdas de secado (121), teniendo cada celda
- 20 de secado (121):
(i) una(s) entrada(s) de líquido que incluye(n) boquillas (108) a través de las cuales el líquido que se va a tratar se introduce en forma de neblina en la celda de secado (121);
(ii) un/unos colector(es) de soluto (109) ubicado(s) en la célula de secado (121) aguas abajo de la(s) entrada(s) de líquido;
y
- 25 (iii) una entrada de celda de secado para el fluido de calentamiento.
2. El dispositivo según la reivindicación 1, donde al menos dos de las zonas de secado (101,102) están ubicadas en serie.
- 30 3. El dispositivo según la reivindicación 1, donde al menos dos de las zonas de secado (101,102) están ubicadas sustancialmente paralelas entre sí.
4. El dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, que incluye además al menos un intercambiador de calor situado aguas abajo del colector de soluto (109) para aumentar la temperatura del fluido de
- 35 calentamiento.
5. El dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, donde cada célula de secado (121) incluye además un intercambiador de calor situado aguas abajo del/de los colector(es) de soluto para aumentar la temperatura del fluido de calentamiento.
- 40 6. El dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, donde el soluto recogido en una celda de secado (121) se hace circular hasta la entrada de líquido de una celda de secado aguas abajo (121).
- 7.El dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, donde el soluto recogido en una celda de secado (121) se
- 45 hace circular hasta la salida de líquido de una celda de secado aguas arriba (121).
8. El dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, donde el fluido de calentamiento comprende predominantemente las mismas moléculas que el solvente.

Figura 1

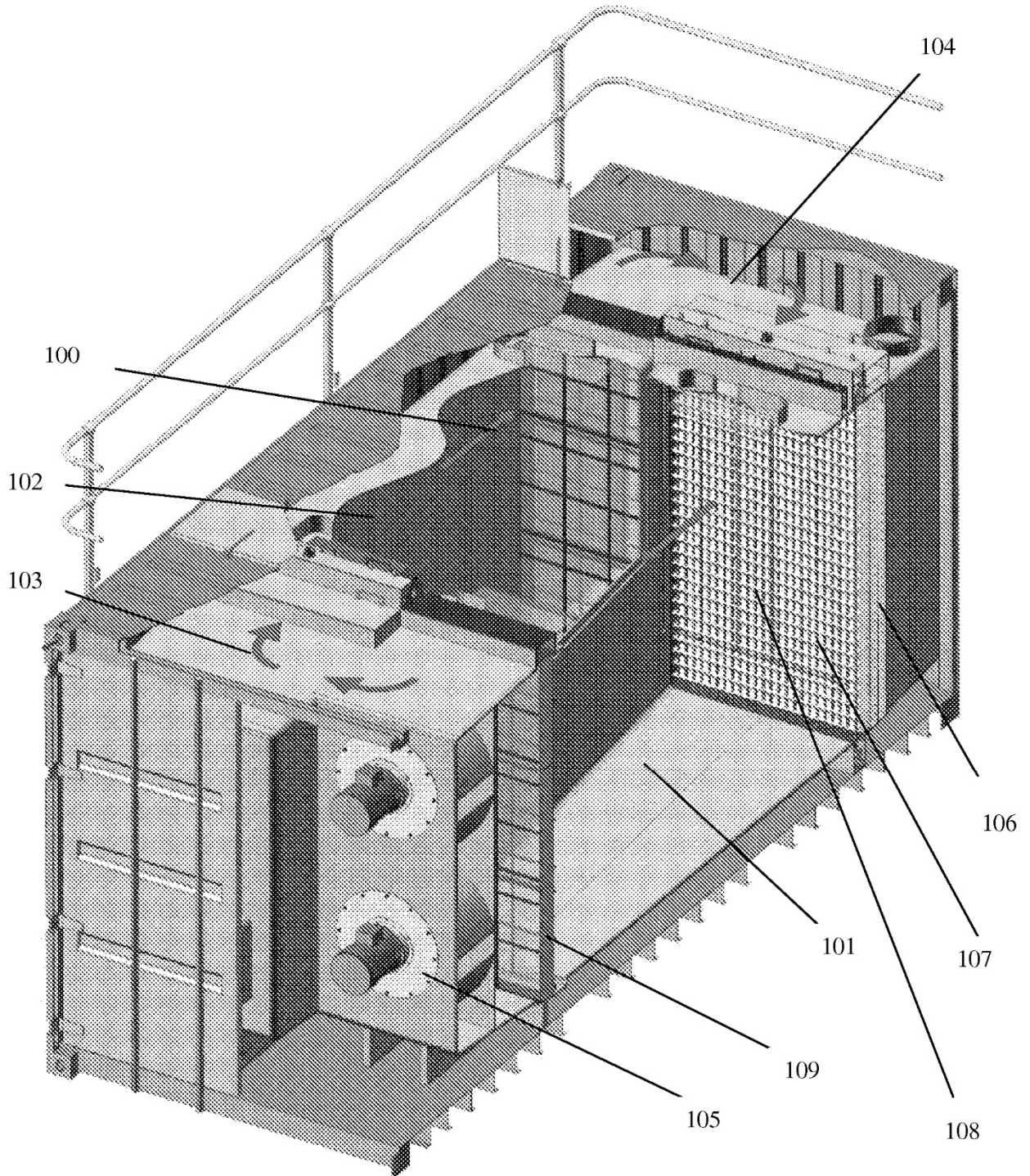


Figura 2

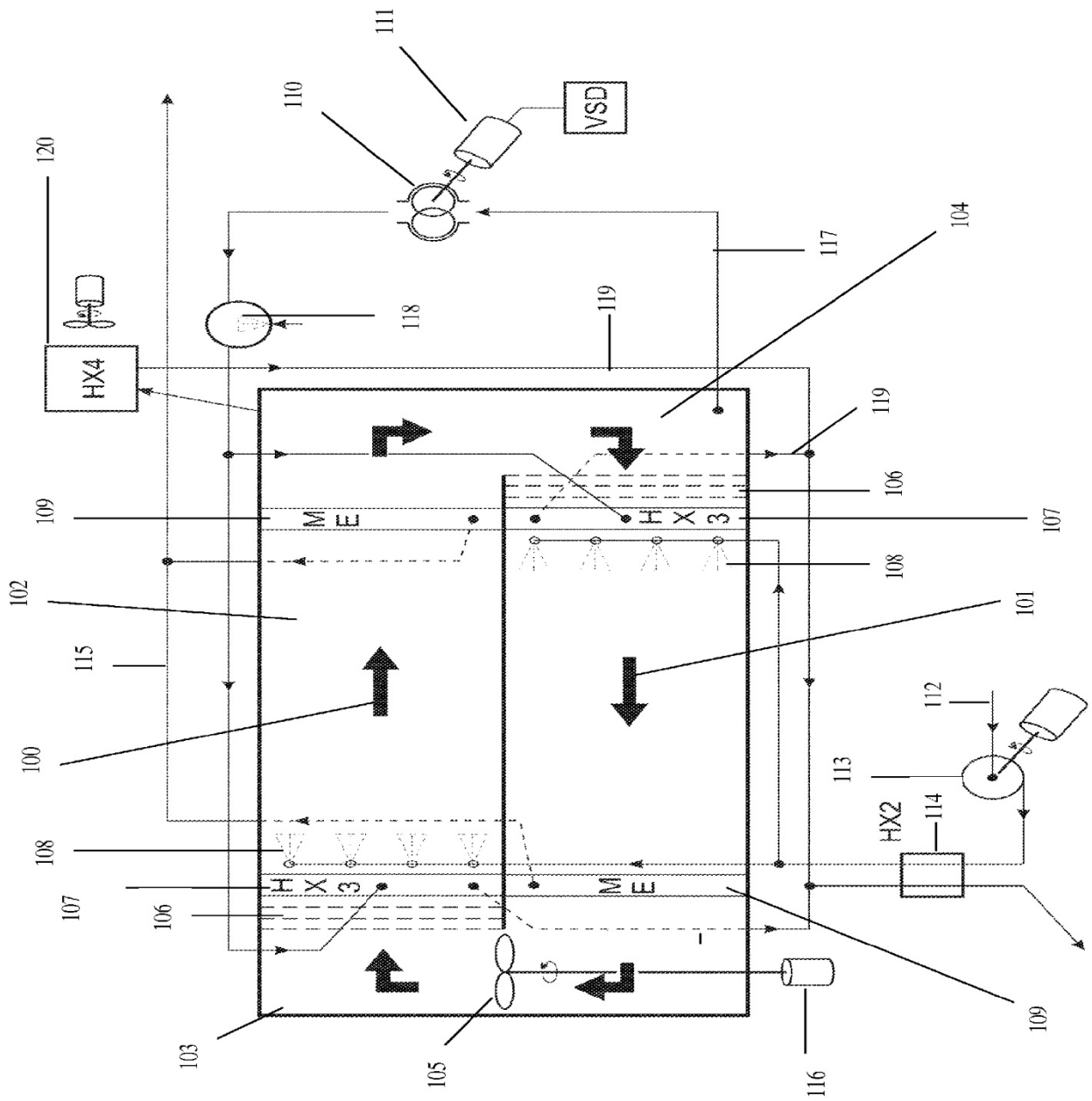


Figura 3

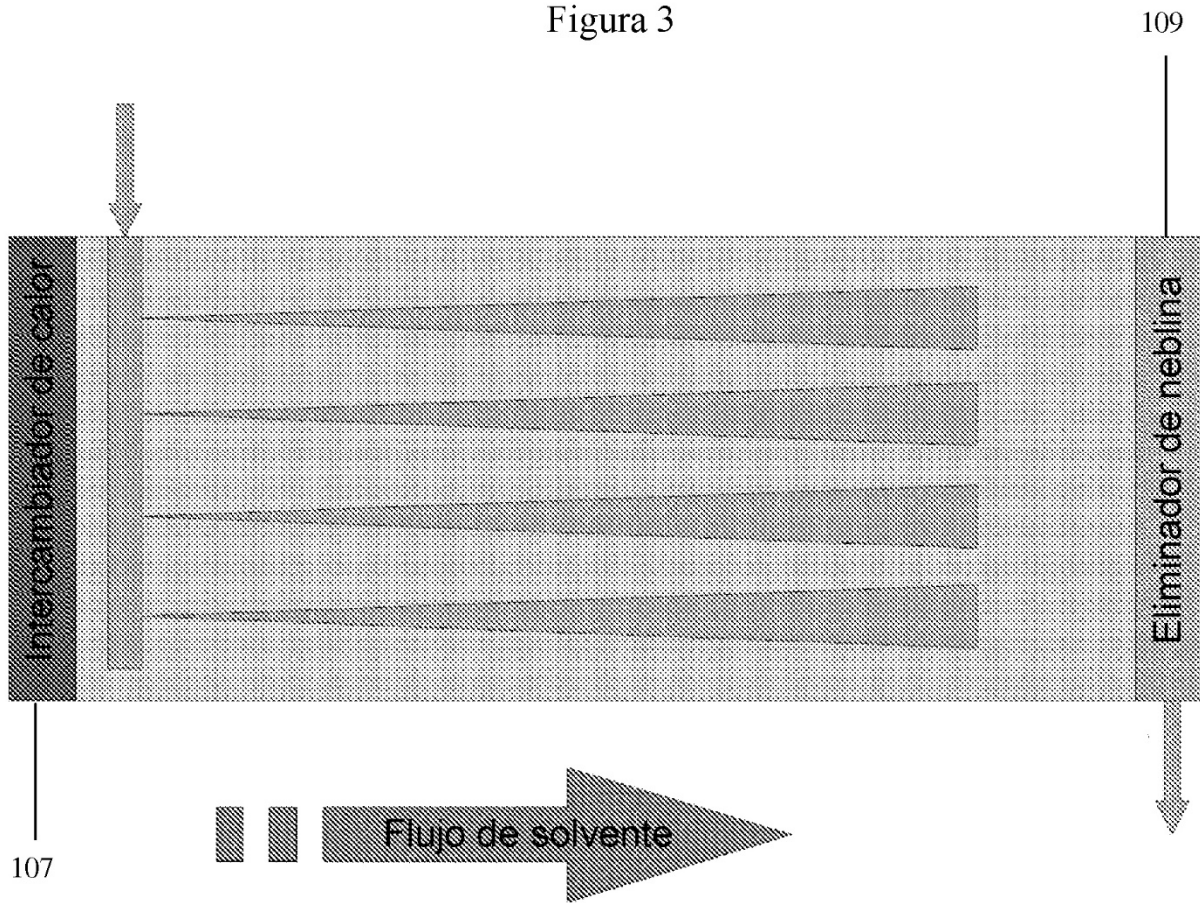


Figura 4

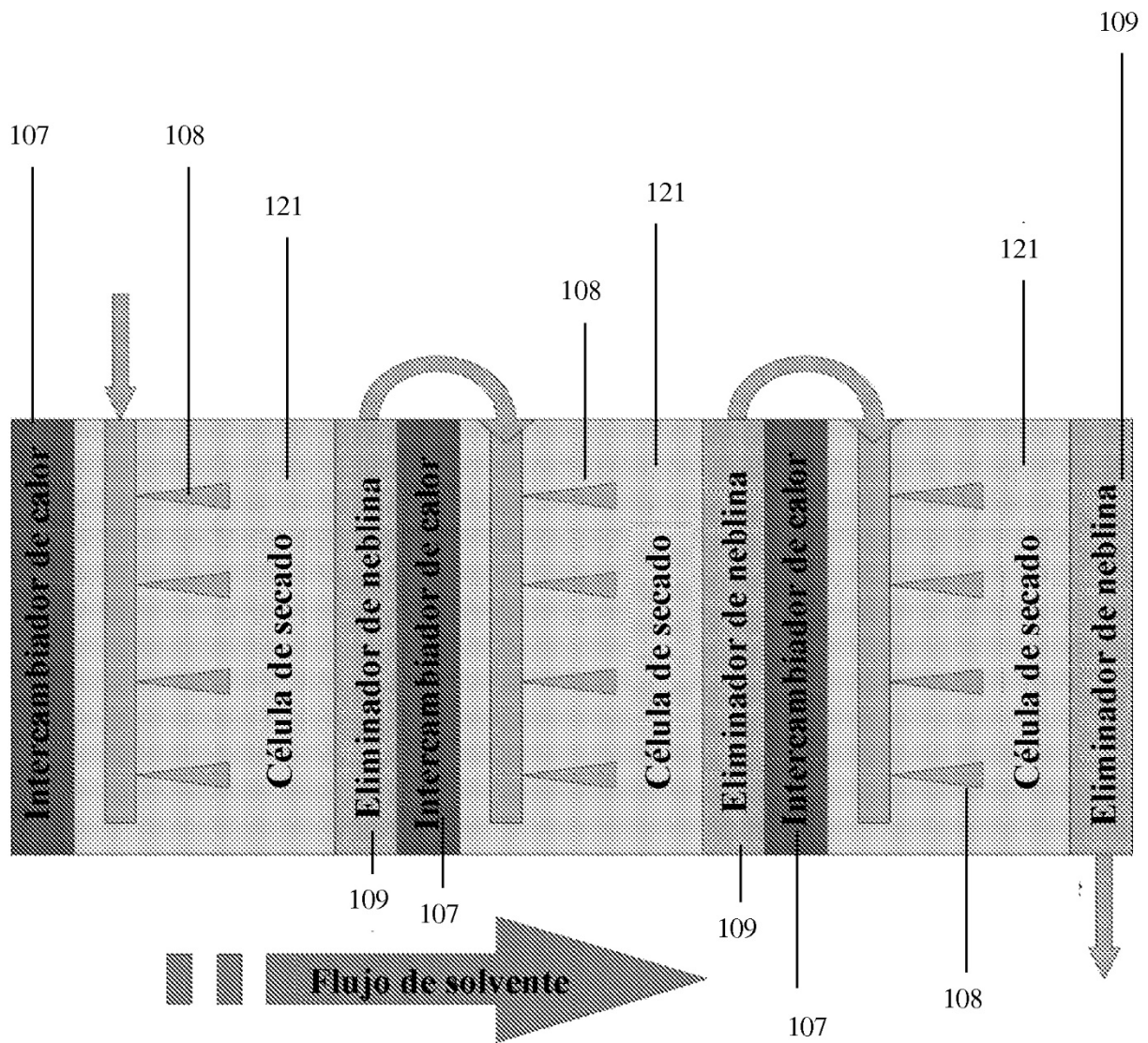


Figura 5

