



(11) **MX 361787 B**

(12)

PATENTE

(43) Fecha de publicación: **17/12/2018** (51) Int. Cl: **B01D 5/00** (2006.01)
(22) Fecha de presentación: **20/03/2014** (86) Número de solicitud PCT: **US 2012/055861**
(21) Número de solicitud: **2014003406** (87) Número de publicación PCT: **WO 2013/043568 (28/03/2013)**

(30) Prioridad(es): **23/09/2011 US 13/241,907**
12/07/2012 US 13/548,166

(71) Solicitante:
MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY
77 Massachusetts Avenue 02139 Cambridge
Massachusetts US

(72) Inventor(es):
John LIENHARD
Massachusetts Institute of Technology, 77
Massachusetts Avenue Cambridge Massachusetts
02139 US
Prakash GOVINDAN
Gregory THIEL
Ronan MCGOVERN
Mostafa ELSHARQAWY

(74) Representante:
Tomás ARANKOWSKY TAMÉS
Av. Constituyentes No. 908 MIGUEL HIDALGO Ciudad
de México 11950 MX

(54) Título: **CONDENSADOR DE MEZCLA DE VAPORES DE COLUMNA DE BORBOTELO.**

(54) Title: **BUBBLE-COLUMN VAPOR MIXTURE CONDENSER.**

(57) Resumen

En un condensador de mezcla de vapores de columna de borboteo, una fuente de fluido suministra una corriente de gas portador que incluye un fluido condensable en fase vapor. El fluido condensable en forma líquida está contenido como baño en una cámara en cada etapa del condensador, y el gas portador se hace borbotear a través del baño para condensar el fluido en el baño. La energía procedente de la condensación se recupera para dar un fluido refrigerante en un conducto que pasa a través del líquido en las etapas de condensador. El condensador de la mezcla de vapores de la columna de borboteo puede utilizarse, v.g., en un sistema de humidificación- deshumidificación para purificar un líquido, tal como agua.

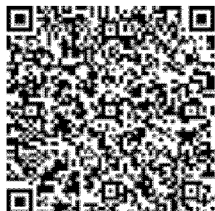
(57) Abstract

In a bubble-column vapor mixture condenser, a fluid source supplies a carrier-gas stream including a condensable fluid in vapor phase. The condensable fluid in liquid form is contained as a bath in a chamber in each stage of the condenser, and the carrier gas is bubbled through the bath to condense the fluid into the bath. Energy from condensation is recovered to a coolant in a conduit that passes through the liquid in the stages of the condenser. The bubble-column vapor mixture condenser can be used, e.g., in a humidification-dehumidification system for purifying a liquid, such as water.

TÍTULO DE PATENTE No. 361787

Titular(es):	MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY; KING FAHD UNIVERSITY OF PETROLEUM & MINERALS		
Domicilio:	77 Massachusetts Avenue, Cambridge, Massachusetts, 02139, E.U.A.; University Boulevard, 31261, Dhahran, ARABIA SAUDITA		
Denominación:	CONDENSADOR DE MEZCLA DE VAPORES DE COLUMNA DE BORBOTEÓ.		
Clasificación:	CIP:	B01D5/00	
	CPC:	B01D5/0027; B01D3/007; B01D3/18; B01D3/205; B01D5/003; B01D5/006; B01D5/0036; B01F3/04106; B01F3/04468; C02F1/048; F24F3/14; B01F2215/0091; C02F2103/08; Y02W10/37	
Inventor(es):	PRAKASH GOVINDAN; GREGORY THIEL; RONAN MCGOVERN; JOHN LIENHARD; MOSTAFA ELSHARQAWY		
SOLICITUD			
Número:	Fecha de Presentación Internacional:		
MX/a/2014/003406	18 de Septiembre de 2012		
PRIORIDAD			
País:	Fecha:	Número:	
US	23 de septiembre de 2011	13/241,907	
US	12 de julio de 2012	13/548,166	
Vigencia:	Veinte años		
Fecha de Vencimiento:	18 de septiembre de 2032		
Fecha de Expedición:	17 de diciembre de 2018.		
La patente de referencia se otorga con fundamento en los artículos 1º, 2º fracción V, 6º fracción III, y 59 de la Ley de la Propiedad Industrial.			
De conformidad con el artículo 23 de la Ley de la Propiedad Industrial, la presente patente tiene una vigencia de veinte años improrrogables, contada a partir de la fecha de presentación de la solicitud internacional y estará sujeta al pago de la tarifa para mantener vigentes los derechos.			
Quien suscribe el presente título lo hace con fundamento en lo dispuesto por los artículos 6º fracciones III y 7º bis 2 de la Ley de la Propiedad Industrial (Diario Oficial de la Federación (D.O.F.) 27/06/1991, reformada el 02/08/1994, 25/10/1996, 26/12/1997, 17/05/1999, 26/01/2004, 16/06/2005, 25/01/2006, 06/05/2009, 06/01/2010, 18/06/2010, 28/06/2010, 27/01/2012, 09/04/2012, 01/06/2016 y 13/03/2018); artículos 1º, 3º fracción V inciso a), 4º y 12º fracciones I y III del Reglamento del Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (D.O.F. 14/12/1999, reformado el 01/07/2002, 15/07/2004, 28/07/2004 y 7/09/2007); artículos 1º, 3º, 4º, 5º fracción V inciso a), 16 fracciones I y III y 30 del Estatuto Orgánico del Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial (D.O.F. 27/12/1999, reformado el 10/10/2002, 29/07/2004, 04/08/2004 y 13/09/2007); 1º, 3º y 5º inciso a) del Acuerdo que delega facultades en los Directores Generales Adjuntos, Coordinador, Directores Divisionales, Titulares de las Oficinas Regionales, Subdirectores Divisionales, Coordinadores Departamentales y otros subalternos del Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial. (D.O.F. 15/12/1999, reformado el 04/02/2000, 29/07/2004, 04/08/2004 y 13/09/2007).			
El presente oficio se signa con firma electrónica avanzada (FIEL), con fundamento en los artículos 7 BIS 2 de la Ley de la Propiedad Industrial; 3o de su Reglamento, y 1 fracción III, 2 fracción V, 26 BIS y 26 TER del Acuerdo por el que se establecen los lineamientos para el uso del Portal de Pagos y Servicios Electrónicos (PASE) del Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial, en los trámites que se indican.			

LA DIRECTORA DIVISIONAL DE PATENTES NAHANNY CANAL REYES



Cadena Original:
NAHANNY MARISOL CANAL REYES|00001000000403252793|Servicio de Administración Tributaria|1695||MX/2019/13287|MX/a/2014/003406|Título de patente PCT|1027|RGZ|Pág(s) 1|IB/9QXbCDIPJ4uy4bnwTpZOKiCQ==

Sello Digital:
KgHz3FmqWniD3VpD5LRCSZqz7RyhpDtbw13RJT1L21quiSCsAs5Zozk6mQ9Ph3S1dN1W1vRjQ8P8g617PtI0u4Zr xT8rYXT95jclKDVV3dPRHy+8OUG01wjGVBgv5MYB5yZzpxTgOrNtkVRa4yJb8LRRWpql4PuBjbr0QTFx0JjOys oee22g3igHsM78SvghybHorkl2atuPtuV49noalX7rBWU93dOsUp56OWYKfLm7s0x95+qOib8l3lB2DOn227Ecq5g 5vp6/70GGlsirNKV0UrixSv97enWbhiO0fZdKICSzuA4iyXju6EldcPPEQHUQgq+AS0vJdQ==



CONDENSADOR DE MEZCLA DE VAPORES DE COLU

ANTECEDENTES

En este siglo, la escasez de agua dulce sobrepasará a la escasez de energía como problema global para la humanidad, y estos dos retos están ligados inexorablemente, como se explica en el "Special Report on Water" en el número de 20 de mayo de 2010 de la publicación The Economist. El agua dulce es una de las necesidades más fundamentales de los seres humanos y otros organismos; cada persona necesita consumir un mínimo de aproximadamente dos litros por día. El mundo se enfrenta también a mayores demandas de agua dulce por los procesos agrícolas e industriales.

Los riesgos planteados por los suministros insuficientes de agua son particularmente agudos. Una escasez de agua dulce puede conducir a una diversidad de crisis, que incluyen hambre, enfermedad, muerte, emigración forzada de masas, conflictos/guerras inter-regionales, y ecosistemas colapsados. A pesar del carácter crítico de la necesidad de agua dulce y las profundas consecuencias de su escasez, los suministros de agua dulce están particularmente limitados. El 97.5% del agua existente en la Tierra es agua salada, y aproximadamente el 70% del resto está confinada como hielo (en su mayoría en los casquetes polares y los glaciares), dejando sólo una

fracción de toda el agua en la Tierra como salina) disponible.

Además, el agua terrestre que es dulce y está disponible no está distribuida uniformemente. Por ejemplo, países densamente poblados, tales como India y China, tienen muchas regiones que están sujetas a suministros escasos. Y aún más, el suministro de agua dulce es a menudo inconstante estacionalmente. Entretanto, las demandas de agua dulce se están tensando en todo el globo. Los depósitos se están secando; los acuíferos están disminuyendo, los ríos están agonizando; y los glaciares y casquetes polares están retrayéndose. Las poblaciones en crecimiento aumentan la demanda, como lo hacen los cambios en la agricultura y la creciente industrialización. El cambio climático plantea amenazas aún mayores en muchas regiones. Por consiguiente, el número de personas que se enfrentan a periodos de escasez de agua está aumentando. El agua dulce existente naturalmente, sin embargo, está confinada típicamente a cuencas hidrográficas regionales; y el transporte de agua es caro e intensivo de energía.

Por otra parte, muchos de los procesos existentes para producir agua dulce a partir de agua marina (o en menor grado, de agua salobre) requieren cantidades masivas de energía. La ósmosis inversa (RO) es actualmente la tecnología líder de desalinización. En las plantas en

escala industrial, la electricidad específica puede ser tan baja como 4 kWh/m³ para 30% de recuperación, comparada con el mínimo teórico de aproximadamente 1 kWh/m³; los sistemas RO en menor escala (v.g., a bordo de barcos) son menos eficientes.

Otros sistemas existentes de desalinización de agua marina incluyen la destilación flash polietápica basada en energía térmica (MSF), y la destilación de efecto múltiple (MED), los dos cuales son procesos intensivos en energía y capital. En los sistemas MSF y MED, sin embargo, la temperatura máxima de la salmuera y la temperatura máxima del aporte de calor están limitadas a fin de evitar la precipitación de sulfato de calcio, que conduce a la formación de escamas duras en el equipo de transmisión de calor.

Los sistemas de desalinización por humidificación-deshumidificación (HDH) incluyen un humidificador y un deshumidificador como sus componentes principales y utilizan un gas portador (v.g., aire) para comunicar energía entre la fuente de calor y la salmuera. En el humidificador, el agua marina caliente entra en contacto directo con aire seco, y este aire llega a calentarse y humidificarse. En el deshumidificador, el aire caliente y humidificado se pone en contacto (indirecto) con agua marina fría y se deshumidifica, produciendo agua pura y

aire deshumidificado. Algunos de los presentadores
fueron también inventores de las solicitudes de patente
siguientes que incluyen exposición adicional relativa a
procesos HDH para purificación de agua: Solicitud US No. de
5 Serie 12/554,726, presentada en 4 de septiembre 2009
(número de expediente de agente mit-13607); Solicitud US
No. de Serie 12/573,221, presentada en 5 de octubre 2009
(número de expediente de agente mit-13622); y Solicitud US
No. de Serie 13/028,170, presentada en 15 de febrero 2011
10 (número de expediente de agente mit-14295).

Un método de la Universidad de Florida, que se
describe en la patente US No. 6,919,000 B2, reducía la
resistencia térmica asociada con los gases incondensables
utilizando un condensador de contacto directo en lugar de
15 un deshumidificador estándar de contacto indirecto. Este
método aumenta las velocidades de transmisión de calor en
el condensador a expensas de la eficiencia energética, dado
que la energía del aire húmedo que entra en el
deshumidificador no se recupera directamente para
20 precalentar el agua marina. Así, aunque el coste del
dispositivo de deshumidificación se reduce, los costes de
energía aumentan.

SUMARIO

En esta solicitud se describen condensadores
25 monoetápicos y polietápicos de mezcla de vapores en columna

de borboteo (a los que se hace referencia como condensadores en otros lugares de esta memoria) y la operación de los mismos. Diversas realizaciones de los aparatos y métodos pueden incluir algunos o la totalidad de los elementos, características y pasos descritos a continuación.

En el condensador polietápico de columna de borboteo, una fuente de fluido suministra una corriente de gas portador que incluye un fluido condensable. El condensador polietápico incluye al menos una primera etapa y una segunda etapa, cada una de las cuales incluye una entrada, una salida y una cámara en comunicación fluida con la entrada y la salida. La entrada de la primera etapa del condensador de columna de borboteo está acoplada con la fuente de fluido, y la salida de la primera etapa está en comunicación fluida con la entrada de la segunda etapa para facilitar el flujo de la corriente de gas portador desde la fuente de fluido a través de la cámara de la primera etapa y luego a través de la cámara de la segunda etapa. El fluido condensable en fase líquida llena las cámaras de la primera etapa y la segunda etapa de tal modo que la corriente de gas portador atraviesa en contacto directo el líquido, el cual es estacionario o circula en sentido contrario con la corriente de gas portador, cuando pasa desde la entrada a la salida de cada etapa.

Los aparatos y métodos pueden utilizarse para separar agua pura de una mezcla líquida (que incluye, pero sin carácter limitante, agua marina, agua salobre y agua residual) de una manera eficiente en costes, que puede dar como resultado costes sustancialmente reducidos comparados con los métodos anteriores. Las realizaciones de los aparatos y métodos pueden ofrecer numerosas ventajas. En primer lugar, basándose en los datos para columnas de borboteo proporcionados en la literatura disponible, se estima que el coeficiente de transmisión de calor en el condensador polietápico de la columna de borboteo es $7 \text{ kW/m}^2 \cdot \text{K}$ (es decir, al menos un orden de magnitud mayor que el del estado actual de la técnica). Este coeficiente de transmisión de calor es comparable, si no mayor, al de la condensación de vapor en film. En segundo lugar, la alta recuperación de energía puede mantenerse utilizando una nueva técnica de etapas múltiples. En tercer lugar, puede emplearse multi-extracción en los aparatos y métodos para aumentar adicionalmente la recuperación de calor. En cuarto lugar, el coste global del sistema se reduce dado que el coste de la energía y el coste del equipo se reducen ambos.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

FIG. 1 es una ilustración en sección de un conductor de columna de borboteo monoetápico.

FIG. 2 es una ilustración esquemática de una realización de un sistema de purificación de agua por humidificación-deshumidificación que incluye un condensador polietápico de columna de borboteo.

5 FIG. 3 representa el perfil de temperatura a través de las columnas en un condensador polietápico de columna de borboteo desde el extremo superior de las columnas de borboteo.

FIG. 4 representa el perfil de temperatura en un
10 condensador monoetápico de columna de borboteo desde el extremo superior de la columna de borboteo.

FIG. 5 es una instalación esquemática de una
realización de un sistema de purificación de agua por
humidificación-deshumidificación con extracción múltiple
15 que incluye un condensador polietápico de columna de borboteo.

En los dibujos que se acompañan, los caracteres de referencia iguales se refieren a las mismas partes o similares a todo lo largo de las diferentes vistas; y se
20 utilizan apóstrofos para diferenciar casos múltiples de las mismas partidas o partidas similares que comparten el mismo número de referencia. Los dibujos no están trazados necesariamente a escala, poniéndose énfasis en lugar de ello en la ilustración de principios particulares,
25 expuestos a continuación.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

Lo que antecede y otras características y ventajas de diversos aspectos de la o las invenciones serán evidentes a partir de la descripción siguiente, más particular, de
5 diversos conceptos y realizaciones específicas dentro de los límites más amplios de la o las invenciones. Diversos aspectos de la materia que constituye el objeto presentados anteriormente y expuestos con mayor detalle más adelante pueden implementarse de cualquiera de numerosas maneras,
10 dado que la materia objeto no está limitada a ningún modo de implementación particular. Ejemplos de implementaciones y aplicaciones específicas se proporcionan fundamentalmente para fines ilustrativos.

A no ser que se defina, utilice o caracterice de otro
15 modo en esta memoria, los términos que se utilizan aquí (con inclusión de términos técnicos y científicos) deben interpretarse con un significado que es coherente con su significado aceptado en el contexto de la técnica relevante y no deben interpretarse en un sentido idealizado o
20 excesivamente formal, a no ser que se define así expresamente en esta memoria. Por ejemplo, si se hace referencia a una composición particular, la composición puede ser sustancialmente, aunque no perfectamente pura, dado que pueden aplicarse realidades prácticas e
25 imperfectas; v.g., la potencial presencia de al menos

trazas de impurezas (v.g., en proporción m
peso o volumen) puede entenderse como dentro del alcance de
la descripción; análogamente, si se hace referencia a una
forma particular, debe entenderse que la forma incluye
5 variaciones imperfectas con respecto a formas ideales,
v.g., debido a tolerancias mecánicas.

Aunque los términos primero, segundo, tercero, etc.,
pueden utilizarse en esta memoria para describir diversos
elementos, estos elementos no deben considerarse limitados
10 por dichos términos. Estos términos se utilizan simplemente
para distinguir un elemento de otro. Así, un primer
elemento, expuesto más adelante, podría considerarse como un
segundo elemento sin desviarse de la doctrina de las
realizaciones ilustrativas.

15 Términos espacialmente relativos, tales como "arriba",
"abajo", "izquierda", "derecha", "frente a", "detrás", y
análogos, pueden utilizarse en esta memoria para facilidad
de descripción a fin de describir la relación de un
elemento con otro, como se ilustra en las figuras. Debe
20 entenderse que los términos espacialmente relativos, así
como las configuraciones ilustradas, abarcan orientaciones
diferentes del aparato en uso u operación además de las
orientaciones descritas en esta memoria y representadas en
las figuras. Por ejemplo, si el aparato que aparece en las
25 figuras se invierte, los elementos descritos como "abajo" o

"detrás" de otros elementos o características orientados entonces "encima" de los otros elementos o características. Así, el término ilustrativo, "arriba", puede abarcar a la vez una orientación de arriba y abajo.

5 El aparato puede estar orientado de otro modo (v.g., imprimiéndosele un giro de 90 grados o en otras orientaciones) y los descriptores especialmente relativos utilizados en esta memoria interpretarse de acuerdo con ello.

10 Adicionalmente, en esta exposición, cuando se hace referencia a un elemento como encontrándose "encima", "conectado a", o "acoplado a" a otro elemento, el mismo puede estar directamente encima, conectado o acoplado al otro elemento o pueden estar presentes elementos
15 interpuestos a no ser que se especifique otra cosa.

La terminología utilizada en esta memoria tiene por objeto describir realizaciones particulares y no debe interpretarse como limitante de realizaciones ilustrativas. Como se utiliza en esta memoria, debe entenderse que formas
20 singulares, tales como "un" y "uno", incluyen asimismo las formas plurales, a no ser que el contexto indique otra cosa. Adicionalmente, los términos "incluye", "que incluyen", "comprende" y "que comprenden" especifican la presencia de los elementos o pasos indicados, pero no

excluyen la presencia o adición de uno
elementos o pasos.

La presencia de gases incondensables puede aumentar drásticamente la resistencia térmica asociada con la condensación en film del vapor sobre una superficie fría. Para la fracción molar típica (aproximadamente 70%) de aire (gas incondensable) presente en un deshumidificador (condensador) de un sistema humidificación-deshumidificación, el coeficiente de transmisión de calor puede ser tan bajo como una centésima parte del correspondiente a la condensación de vapor puro (en sistemas de destilación de efecto múltiple y sistemas flash polietápicos). En valor absoluto, el coeficiente de transmisión de calor puede ser tan bajo como $10 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$. Por tanto, es ventajoso reducir la resistencia térmica asociada con el gas incondensable, en tanto que se preserva al mismo tiempo el aumento ventajoso de eficiencia energética producido por los métodos descritos por las solicitudes de patente previas de los inventores, indicadas en la parte de Antecedentes.

Una vista en sección de una realización de un condensador monoetápico de columna de borboteo se proporciona en FIG. 1. La columna de borboteo contiene un baño de un líquido (v.g., agua destilada en esta realización). El líquido está basado en un generador de

burbujas 44 dentro de la cámara de la columna. Las cámaras de gas 17 y 19 están posicionadas respectivamente debajo y encima del líquido. La cámara 17 situada por debajo del líquido permite que un gas portador húmedo se bombee desde el conducto 32' por un compresor/soplante 34 a través de orificios existentes en el generador de burbujas 44 hasta el líquido 15 en forma de burbujas 21, aunque la cámara inferior 17 puede omitirse en el caso en que el generador de burbujas 44 incluye una red de tubos perforados a través de los cuales se bombea el gas portador. Un serpentín tubular 20 que está acoplado con una fuente de fluido (v.g., agua marina) serpentea a través del agua 15 en el condensador 12, permitiendo que la transmisión de calor desde el agua 15 en la cámara al agua marina se dirija a través del serpentín tubular 20. De acuerdo con ello, un fluido frío entra en el serpentín tubular 20 por la parte inferior izquierda y sale como fluido caliente por la parte superior derecha. Después de pasar a través del líquido 15, el gas portador seco se recoge en la cámara de gas 19 en la parte superior de la cámara y se extrae a través del conducto de gas 32''.

El generador de burbujas 44 puede tener un diámetro, v.g., de 1.25 m, y puede tener una pluralidad de orificios, cada uno de los cuales tiene un diámetro, v.g., de 1 mm para generar burbujas de aproximadamente el mismo diámetro.

El generador de burbujas 44 puede tener
ejemplo, una placa perforada, en donde el gas portador se
bombee a través de los orificios de la placa perforada.
Alternativamente, el generador de burbujas 44 puede tener
5 la forma de un borboteador con tubos perforados para
distribuir el gas portador, en donde el borboteador
distribuye las burbujas a través de los tubos perforados,
que pueden extenderse desde un conducto central. Los tubos
perforados en el borboteador pueden presentar, v.g., una
10 configuración radial, de anillos concéntricos múltiples, de
tela de araña, o de tipo de rueda de cubo y radios de los
tubos perforados a través de los cuales se bombea el gas
portador desde una fuente externa.

Todos los componentes de la columna de borboteo (v.g.,
15 todas las paredes y el generador de burbujas pueden estar
orientados en un ángulo respecto a la vertical, α , entre 0°
y 60° con respecto a la vertical (v.g., con respecto a un
eje a lo largo de un radián que pasa por el centro de la
tierra). Dado que la columna de borboteo 14 está orientada
20 en cierto ángulo, la carga hidrostática se reduce desde ρgH
a $\rho gH \cdot (\cos\alpha)$, donde ρ es la densidad (kg/m^3), g es la
aceleración de la gravedad (9.81 m/s^2), y h es la altura
del líquido en la columna. Esta reducción en la carga
hidrostática va acompañada de una reducción en la caída de
25 presión del fluido de hasta 50%. Esta caída de presión, sin

embargo, conducirá a una reducción en el coeficiente de transmisión de calor del lado del fluido para ángulos mayores ($\alpha > 45^\circ$). Esto es debido a que, para ángulos mayores, la circulación del líquido no se establecerá de manera regular. Sin embargo, para diseño optimizado, la configuración en ángulo con menor caída de presión puede proporcionar ahorros importantes en coste energético.

Una realización de un condensador polietápico de columna de borboteo en un sistema purificador de agua del tipo humidificación-deshumidificación (HDH) se muestra en FIG. 2, en donde el deshumidificador es un condensador polietápico de mezcla de vapores en columna de borboteo (al que se hace referencia también como "borboteador") en lugar de utilizar un cambiador de calor de contacto indirecto (como es común en los sistemas HDH convencionales) para deshumidificar el gas portador húmedo (v.g., aire húmedo) y producir agua dulce líquida. El gas portador se humidifica con agua vaporizada procedente de una composición líquida (v.g., agua marina o agua residual) en el humidificador; y el vapor de agua arrastrado en el gas portador se transporta luego por el conducto al condensador de la columna de borboteo, donde el agua contenida en el aire húmedo se condensa para producir agua fresca (es decir, sustancialmente pura).

La composición líquida (v.g., agua industrial) se proporciona desde una fuente 16 (v.g., un tanque) y circula a través del sistema por una bomba 36, que puede estar montada en el conducto 18 entre la fuente 16 y el condensador de la columna de borboteo 12. La composición líquida se hace pasar a través de cada etapa 14 del condensador 12 por conductos internos 20 montados en cada etapa 14, en donde el diseño de cada una de las etapas 14 puede coincidir sustancialmente con el de la columna de borboteo monoetápico de FIG. 1. En esta realización, la composición líquida se hace pasar entre las etapas 14 por la vía de conductos externos complementarios 18 para precalentar la composición líquida. Los conductos internos 20 pueden tener superficies térmicamente conductoras (v.g., aletas) 23 que se extienden desde los conductos 20 (como se muestra en FIG. 2) para aumentar la transmisión de calor del líquido en las etapas 14 a la composición líquida que pasa a través del serpentín tubular 20. Después de salir del serpentín tubular 20 interno en la (primera) etapa del fondo 14' del condensador de la columna de borboteo 12, la composición líquida pasa a través de un conducto adicional 18 a un calentador 22, (v.g., un calentador solar de agua o una fuente de recuperación de calor) que calienta ulteriormente la composición líquida (v.g., a 80°C) antes

que la composición líquida pase al humidificador 24 y sea atomizada y dispersada por una tobera 26.

En el interior del humidificador, está provisto un material de relleno 28 en forma, v.g., de relleno de poli(cloruro de vinilo) (PVC) a fin de facilitar el flujo de gas y aumentar el área de la superficie líquida que está en contacto con el transportador para aumentar la porción del líquido vaporizable que se vaporiza en el gas portador. El cuerpo del humidificador 24 (y el deshumidificador 12 así como los conductos 18 y 32) puede estar formado, v.g., de acero inoxidable y es sustancialmente impermeable a los vapores. En una realización, el humidificador 24 es sustancialmente cilíndrico, con una altura de aproximadamente 2.5 m y un radio de aproximadamente 0.5 m.

El humidificador 24 y el deshumidificador 12 tienen ambos construcción modular (es decir, cada uno en forma de un dispositivo separado y discreto) y están separados térmicamente en gran medida uno de otro. La caracterización del humidificador 24 y el deshumidificador 12 como "separados térmicamente en gran medida" debe entenderse en el sentido de que están estructurados para transmisión directa escasa o nula de energía térmica por conducción a lo largo del aparato entre el humidificador 24 y el deshumidificador 12, aunque esta caracterización no excluye un flujo másico de transporte de energía térmica (por flujo

gaseoso y/o líquido) entre las
caracterización de "separación térmica sustancial"
diferencia por tanto el aparato de, v.g., un aparato de
vaporización en el punto de rocío ("dewvaporation") que
5 incluye una pared compartida de transmisión de calor entre
el humidificador y el deshumidificador. En el aparato de
esta descripción, el humidificador 24 y el deshumidificador
12 no necesitan compartir pared común alguna que facilite
la transmisión de calor por conducción entre ellos.

10 El gas portador fluye en dirección ascendente a través
de la cámara definida por el humidificador 24 desde la
puerta para el conducto 32'''' a la puerta para el conducto
32', por la cual sale el mismo con un contenido mayor de
líquido vaporizado. La humidificación del gas portador se
15 consigue por pulverización de la composición líquida desde
una o más toberas 26 en el extremo superior del
humidificador 24 hacia abajo a través de una zona que
incluye un material de relleno 28, donde algo del agua en
la composición líquida se evaporará, en tanto que un resto
20 no evaporado de la composición líquida (v.g., salmuera)
fluye hacia abajo a través de una zona de lluvia hasta la
base de la cámara definida por el humidificador 24, donde
la salmuera se vacía por un conducto 18 a un tanque de
recogida de salmuera 30. Entretanto, el gas portador
25 asciende a lo largo del humidificador 24 y se pone en

contacto con la composición líquida, parte
lecho del material de relleno 28, a fin de humidificar el
gas portador con vapor de agua evaporado de la composición
líquida. Por consiguiente, el gas portador puede estar
5 saturado con vapor de agua antes de ser retirado del
humidificador 24 por el conducto 32' y bombeado por medio
de un compresor/soplante 34 a través de la entrada de la
primera etapa 14' del condensador 12 polietápico de la
columna de borboteo. En realizaciones particulares, un
10 calentador de aire y/o un compresor de aire o compresor
térmico de vapor puede estar montado en el conducto 32'
para calentar y/o comprimir el gas portador antes de
bombear el mismo al deshumidificador 12. En el caso en que
está montado un compresor de aire o compresor térmico de
15 vapor en el conducto 32', puede montarse un expansor de
aire favorable en el conducto 32'''' para expandir el gas
portador, a medida que el mismo retorna al humidificador 24.
En otras realizaciones, el compresor/soplante 34 puede
estar situado en el conducto 32'''' que conduce al
20 humidificador 24 por consideraciones operativas.

El flujo de agua marina a través del serpentín tubular
20 en el interior del deshumidificador 12 puede asegurar
que el calor se recupere directamente para precalentar la
composición líquida (v.g., agua marina en esta realización)
25 durante el proceso de condensación. El condensador 12 de la

columna de borboteo incluye una pluralidad de etapas 14, cada una de las cuales está llena con un baño de líquido (v.g., agua destilada) a través del cual se hace pasar gas portador húmedo caliente utilizando un compresor/soplante 34 y un generador de burbujas 44 que inyecta burbujas de gas (o a través del cual se inyectan burbujas) en el baño.

El gas portador caliente cargado con vapor de agua emitido por el humidificador (evaporador) 24 pasa (v.g., a una temperatura de 70°C), a través del conducto 32' que se extiende desde el extremo superior del humidificador 24 y se hace borbotear a través de cada una de las etapas 14 en el deshumidificador 12, en donde el gas portador se enfría y se deshumidifica. El gas portador se recoge en el extremo superior de cada etapa 14 y se hace pasar desde una salida situada encima de cada etapa 14 por un conducto 32 a y a través de una entrada de la etapa 14 siguiente y a través del generador de burbujas 44, que genera burbujas del gas portador que pasan luego a través del agua destilada en la etapa 14, y el gas portador se recoge de nuevo en el extremo superior de la columna. Este proceso se repite secuencialmente en cada columna subsiguiente.

Una baja caída de presión en el presente deshumidificador 12 puede mantener baja la potencia de bombeo, haciendo posible con ello un sistema económicamente factible. Este foco en cuanto al mantenimiento de una

potencia de bombeo baja está en contra de las
columnas de borboteo en la industria química, en las cuales
la preocupación primaria es la transmisión de calor y masa,
y en las que la caída de presión puede no ser una
5 limitación de diseño importante. La caída de presión en la
cámara de borboteo de cada etapa 14 se produce en gran
parte debido a los tres factores siguientes: (1) la pérdida
de carga en el generador de burbujas 44, donde se generan
las burbujas, (2) fricción entre el gas portador y el agua
10 destilada a medida que las burbujas ascienden a través del
líquido, y (3) la carga hidrostática. Dado que la carga
hidrostática es el contribuidor mayor a la caída de presión
total a través de una etapa 14 dada, la altura de cada
etapa 14 (medida verticalmente en la orientación que se
15 muestra en las figuras) se mantiene ventajosamente baja.
Para obtener una caída de presión menor de 1 kPa, por
ejemplo, la altura total de todas las etapas 14 suma menos
de aproximadamente 1 m. Típicamente, esta limitación de
altura se manifiesta en sí misma en forma de una columna de
20 borboteo con ratio de dimensiones baja, donde la ratio de
altura a diámetro de la columna (medido horizontalmente en
la orientación que se muestra) es menor de 1. En
realizaciones particulares, el diámetro de la columna es
0.5 a 1 m, mientras que la altura de la columna es 0.05 a

0.1 m (para una ratio de dimensiones aproximadamente 0.1).

La temperatura del gas portador puede descender al menos 5°C desde cada etapa a la próxima en el humidificador 12, a medida que es enfriado por el baño líquido en cada etapa 14. Por ejemplo, en el conducto 32" desde la salida de la primera etapa 14' a la entrada en la segunda etapa 14", el gas portador puede tener una temperatura, v.g., de aproximadamente 60°C, mientras que el gas portador en el conducto 32''' desde la salida de la segunda etapa 14" a la entrada de la tercera etapa 14''' puede tener una temperatura reducida, v.g., de aproximadamente 50°C. Cuando el gas portador sale del condensador 12 de la columna de borboteo a través del conducto superior 32''''', el gas portador se recicla al fondo del humidificador 24 (con un contenido reducido del líquido vaporizable), su temperatura puede reducirse aún más hasta, v.g., aproximadamente 30°C. En el periodo de transición inicial durante la puesta en marcha del proceso, el vapor de agua contenido en el gas portador húmedo caliente transmite el calor latente al agua en cada etapa 14 (en la cual se establece un bucle de circulación natural); y se alcanza finalmente una temperatura media mixta de la etapa de agua 14 en estado estacionario. Una vez alcanzado el estado estacionario, el calor de

condensación es extraído directamente por el tubo en serpentín 20. De este modo, se consigue una recuperación directa de calor.

En el caso en que el vapor condensado es agua, la deshumidificación del gas portador en cada etapa 14 libera agua del gas portador al agua destilada a través de la cual se borbotea el gas portador. El agua se vacía de cada etapa 14 (equivalente al aumento de agua proporcionado por la deshumidificación del gas portador) a través de conductos 38 a un tanque de recogida de agua pura 40. Alternativamente, el líquido (v.g., agua) puede extraerse por un conducto del baño en la tercera etapa 14'' y pasarse a la segunda etapa 14'' de temperatura más baja y extraerse por otro conducto desde la segunda etapa 14'' y hacerse pasar a la primera etapa 14' de temperatura todavía más baja, desde la cual se extrae finalmente del condensador polietápico 12 de la columna de borboteo como producto.

Aunque puede utilizarse una sola etapa/columna 14, el uso de etapas múltiples en el condensador 12 de la columna de borboteo impulsa la temperatura a la cual se precaliente el agua marina hacia el máximo posible (que es la temperatura de entrada del gas portador). Los efectos de este escalamiento pueden entenderse claramente por los perfiles de temperatura en un condensador polietápico de columna de borboteo (representado en FIG. 3) y en un

condensador monoetápico de columna
(representado en FIG. 4), donde puede verse que la
temperatura de salida del agua marina es mucho mayor en los
diagramas para el condensador polietápico de la columna de
5 borboteo , como se muestra en FIG. 3. Cada uno de los
segmentos horizontales representados en los diagramas 46
(~308K), 48 (~318K), 50 (~327K), 52 (~335K), 54 (~342K), 56
(~348K) en FIG. 3 representa una temperatura en una
columna/etapa 14 respectiva en un condensador de columna de
10 borboteo de seis etapas, donde el eje horizontal del
gráfico representa la distancia adimensional desde el
extremo superior al fondo del condensador 12 de la columna
de borboteo (es decir, la línea de referencia 46 representa
la temperatura de la etapa más alta 14). La línea diagonal
15 58 representa la temperatura del agua marina a medida que
fluye a través del condensador 12 de la columna de borboteo
en función de la distancia desde el extremo superior del
condensador de la columna de borboteo 12. Mientras tanto,
se ve que la temperatura 60 en el condensador de la columna
20 de borboteo monoetápico (representado en FIG. 4), se
mantiene sustancialmente constante (a 323K) a todo lo largo
del condensador de la columna de borboteo y aproximadamente
igual al valor medio de las temperaturas del gas portador a
la entrada y la salida.

El condensador 12 polietápico de borboteo, presenta adicionalmente una ventaja directa de hacer posible extracciones/inyecciones de agua marina entre las etapas de la columna de borboteo por conductos de intercambio intermedios 42, como se muestra en FIG. 5, donde los conductos de intercambio intermedios 42 están acoplados con el condensador 12 de la columna de borboteo entre las etapas primera y segunda 14' y 14" y entre las etapas segunda y tercera 14" y 14"' de un sistema condensador de columna de borboteo de tres etapas. El agua salada se recoge en bandejas intermedias 43' y 43" en etapas intermedias respectivas en la cámara del humidificador 24 y se inyecta en los conductos externos 18 a través de los cuales fluye el agua marina entre las etapas 14' y 14" y entre las etapas 14" y 14"', respectivamente. En otras realizaciones, la dirección de inyección/extracción puede invertirse (v.g., puede extraerse agua salada del condensador 12 e inyectarse en el humidificador 24), dependiendo de las condiciones de operación. Tales flujos de extracción puede hacer posible la construcción de sistemas que estén termodinámicamente equilibrados. En realizaciones adicionales, el gas portador húmedo puede extraerse/inyectarse en lugar de extraer/inyectar agua salada. Debido a los mayores coeficientes de transmisión de calor en un condensador de

columna de borboteo y una menor diferencia terminal, el aparato descrito en esta memoria (tal como el representado en FIG. 5) puede proporcionar un comportamiento excelente en términos de deshumidificación y la eficiencia de la misma.

En la descripción de las realizaciones de la invención, se utiliza una terminología específica por razones de claridad. Para el propósito de descripción, debe entenderse que los términos específicos incluyen al menos los equivalentes técnicos y funcionales que operan de una manera similar a fin de alcanzar un resultado similar. Adicionalmente, en algunos casos en que una realización particular de la invención incluye una pluralidad de elementos del sistema o pasos de método, tales elementos o pasos pueden reemplazarse por un solo elemento o paso; análogamente, puede reemplazarse un solo elemento o paso por una pluralidad de elementos o pasos que sirven para el mismo propósito. Además, en el caso en que se especifican en esta memoria parámetros para diversas propiedades para las realizaciones de la invención, tales parámetros pueden ajustarse hacia arriba o hacia abajo en 1/100-avo, 1/50-avo, 1/20-avo, 1/10-avo, 1/5-avo, 1/3-avo, 1/2, 2/3-avos, 3/4-avos, 4/5-avos, 9/10-avos, 19/20-avos, 49/50-avos, 99/100-avos, etc. (o en un factor de 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 20, 50, 100, etc.), o en aproximaciones redondeadas de

los mismos, a no ser que se especifique otra, si bien esta invención se ha representado y descrito con referencia a realizaciones particulares de la misma, los expertos en la técnica comprenderán que pueden hacerse
5 diversas sustituciones y alteraciones en forma y detalles sin apartarse del alcance de la invención (por ejemplo, el líquido condensado puede ser una composición distinta de agua; pueden utilizarse más o menos etapas en el condensador de la columna de borboteo; y la configuración
10 de dichas etapas puede alterarse fácilmente). Aún más, otros aspectos, funciones y ventajas están también dentro del alcance de la invención; y todas las realizaciones de la invención no precisan conseguir necesariamente todas las ventajas o poseer la totalidad de las características
15 arriba descritas. Adicionalmente, los pasos, elementos y características expuestos en esta memoria en conexión con una realización puede utilizarse asimismo en conjunción con otras realizaciones. Los contenidos de referencias, con inclusión de textos de referencia, artículos de revistas,
20 patentes, solicitudes de patente, etc., citados a lo largo del texto se incorporan por la presente por la referencia en su totalidad; y componentes, pasos, y caracterizaciones apropiados de estas referencias pueden incluirse opcionalmente o no en realizaciones de esta invención. Y
25 además, los componentes y pasos identificados en la sección

de Antecedentes forman parte integral de esta descripción y pueden utilizarse en asociación con o emplearse en lugar de componentes y pasos descritos en otros lugares de la descripción dentro del alcance de la invención. En las 5 reivindicaciones de método, donde se citan etapas en un orden particular - con o sin caracteres previos secuenciados añadidos para facilidad de referencia - las etapas no deben interpretarse en el sentido de estar limitadas temporalmente al orden en que se citan las mismas 10 a no ser que se especifique o implique lo contrario por los términos y la redacción.

Se hace constar que con relación a esta fecha, el mejor método conocido por la solicitante para llevar a la práctica la citada invención, es el que resulta claro de la 15 presente descripción de la invención.

REIVINDICACIONES

1. Un método para condensación de un fluido a partir de una corriente de gas portador, que comprende:

hacer borbotear una corriente de gas portador que
5 comprende un fluido condensable en fase vapor a través de un primer baño del fluido en fase líquida en una primera etapa de un condensador de columna de borboteo, en donde la corriente de gas portador está en contacto con el primer baño, y en donde parte del fluido en fase vapor en la
10 corriente de gas portador se condensa en el primer baño;

agotar la corriente de gas portador con un contenido reducido del fluido en fase vapor de la primera etapa del condensador de columna de borboteo; y

hacer pasar un fluido refrigerante a través de un
15 conducto que atraviesa el fluido en fase líquida en la primera etapa a fin de recuperar energía de la condensación en el condensador de columna de borboteo al fluido refrigerante que atraviesa el conducto.

2. El método de acuerdo con la reivindicación 1,
20 que comprende adicionalmente:

hacer pasar la corriente de gas portador a través de un humidificador, en donde se añade fluido adicional en fase vapor a la corriente de gas portador después que la corriente de gas portador se agota de la primera etapa; y
25 luego

reintroducir la corriente de gas portador en la primera etapa del condensador de columna de borboteo y hacer pasar de nuevo la corriente de gas portador a través del primer baño.

5 **3.** El método de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende adicionalmente:

hacer pasar la corriente de gas portador desde la primera etapa del condensador de columna de borboteo a una segunda etapa del condensador de columna de borboteo;

10 hacer borbotear la corriente de gas portador a través de un segundo baño del fluido en fase líquida en la segunda etapa del condensador de columna de borboteo, en donde la corriente de gas portador está en contacto con el segundo baño, y en donde al menos parte del fluido en fase
15 vapor en la corriente de gas portador se condensa en el segundo baño; y

agotar la corriente de gas portador con un contenido reducido del fluido en fase vapor desde la segunda etapa del condensador de columna de borboteo.

20 **4.** El método de acuerdo con la reivindicación 3, en donde el líquido en la primera etapa está al menos 5 °C más caliente que el líquido en la segunda etapa.

5. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el fluido es agua.

25 **6.** El método de acuerdo con la reivindicación 1,

que comprende adicionalmente generar el vapor en la corriente de gas portador por evaporación del agua a partir de una solución salina.

5 **7.** El método de acuerdo con la reivindicación 6, en donde la solución salina se calienta con un calentador solar o una fuente de recuperación de calor antes que el agua se evapore de la solución salina.

10 **8.** El método de acuerdo con la reivindicación 6, en donde la solución salina sirve como el fluido refrigerante que pasa a través del conducto en la primera etapa del condensador de columna de borboteo para precalentar la solución salina para evaporación de agua.

15 **9.** El método de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende adicionalmente extraer el fluido en fase líquida del primer baño.

10. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el fluido refrigerante que atraviesa el conducto es una composición líquida que incluye el fluido condensable en fase líquida.

20 **11.** El método de acuerdo con la reivindicación 3, que además comprende:

 hacer pasar la corriente de gas portador a través de un humidificador, donde se añade fluido en fase vapor adicional a la corriente de gas portador después de que la corriente de gas portador se agota desde la segunda etapa; y

25

luego

reintroducir la corriente de gas portador a la primera etapa del condensador de columna de borboteo y pasar de nuevo la corriente de gas portador a través de los baños primero y segundo.

12. El método de acuerdo con la reivindicación 11, en donde el fluido refrigerante es una solución acuosa, comprendiendo además el método pasar la solución acuosa a través del conducto en cada una de las etapas del condensador de columna de borboteo para precalentar la solución acuosa para la evaporación de agua.

13. El método de acuerdo con la reivindicación 12, que comprende además pasar una porción del fluido condensable en fase líquida a través de un conducto de intercambio intermedio entre (a) el conducto que lleva la solución acuosa en una ubicación entre la primera etapa y la segunda etapa del condensador de columna de borboteo y (b) el humidificador en una etapa intermedia.

14. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el primer baño tiene una relación de aspecto altura/diámetro inferior a 1.

15. Un condensador multietapa de mezcla de vapores de una columna de borboteo que comprende:

al menos una primera etapa y una segunda etapa, en donde cada etapa incluye:

una entrada de gas portador;

una salida de gas portador; y

una cámara de condensador que contiene un baño de condensación en comunicación fluida con la entrada de gas portador y la salida de gas portador, en donde el baño de condensación tiene una temperatura sustancialmente constante desde la parte superior hasta el fondo del baño, en donde la entrada de gas portador está posicionada para burbujear gas portador desde la entrada de gas portador a través del baño de condensación, superando un cabezal hidrostático del baño de condensación, en donde la salida de gas portador está posicionada con una abertura para extracción de gas portador por encima del baño de condensación, en donde la salida de gas portador de la primera etapa está en comunicación fluida con la entrada de gas portador de la segunda etapa para facilitar el flujo del gas portador a través del baño de condensación en la cámara del condensador de la primera etapa y luego a través del baño de condensación en la cámara del condensador de la segunda etapa;

una fuente de fluido refrigerante; y

un conducto que pasa desde la fuente de fluido refrigerante a través de la cámara del condensador de cada etapa del condensador de mezcla de vapor de columna de borboteo, en donde la fuente de fluido refrigerante y el conducto están configurados para dirigir el fluido

refrigerante a través del conducto en al
flujo de gas portador a través del condensador para recuperar
la energía de la condensación.

16. El condensador multietapa de mezcla de vapor de
5 columna de borboteo de la reivindicación 15, que comprende
además una tercera etapa que también incluye una entrada de
gas portador, una salida de gas portador y una cámara de
condensador que contiene un baño de condensación, en donde la
entrada de gas portador de la tercera etapa está posicionado
10 para burbujear gas portador hacia arriba a través del baño de
condensación de la tercera etapa, donde la salida de gas
portador de la tercera etapa está posicionada con una
abertura para extracción de gas portador por encima del baño
de condensación de la tercera etapa, y donde la salida de gas
15 portador de la segunda etapa está en comunicación fluida con
la entrada de gas portador de la tercera etapa para facilitar
el flujo del gas portador a través de la cámara de la segunda
etapa y luego a través de la cámara de la tercera etapa.

17. El condensador multietapa de mezcla de vapor de
20 columna de borboteo de acuerdo con la reivindicación 15, que
comprende además un generador de burbujas acoplado con la
entrada de cada etapa para generar burbujas del gas portador
en los baños de condensación.

18. El condensador multietapa de mezcla de vapor de
25 columna de borboteo de acuerdo con la reivindicación 15, en

donde la cámara del condensador tiene una relación de aspecto de altura a diámetro inferior a 1.

5 **19.** El condensador multietapa de mezcla de vapor de columna de borboteo de acuerdo con la reivindicación 15, en donde la cámara del condensador está orientada a lo largo de un ángulo no vertical.

10 **20.** El condensador multietapa de mezcla de vapor de columna de borboteo de acuerdo con la reivindicación 15, en donde cada una de la entrada de gas portador y la salida de gas portador de cada etapa es un lado corriente arriba o corriente abajo de una placa de tamiz o un burbujeador.

21. El condensador multietapa de mezcla de vapor de columna de borboteo de acuerdo con la reivindicación 15, en donde el refrigerante está en una fase líquida.

15 **22.** El condensador multietapa de mezcla de vapor de columna de borboteo de acuerdo con la reivindicación 21, en donde el fluido refrigerante incluye agua.

20 **23.** El condensador multietapa de mezcla de vapor de columna de borboteo de acuerdo con la reivindicación 22, en donde el fluido refrigerante es un líquido de alimentación de una fuente de líquido de alimentación, en donde el líquido de alimentación incluye un componente vaporizable.

25 **24.** El condensador multietapa de mezcla de vapor de columna de borboteo de acuerdo con la reivindicación 23, en donde los baños de condensación incluyen el componente

vaporizable en fase líquida en las cámaras de las etapas primera y segunda del condensador de columna de borboteo.

25. Un método para la condensación de una mezcla de vapor por medio de una columna de borboteo multietapa usando el condensador de mezcla de vapor de columna de borboteo multietapa de la reivindicación 15, que comprende:

introducir un gas portador que incluye un componente vaporizado a través de la entrada de gas portador de la primera etapa;

10 burbujear el gas portador hacia arriba a través del baño de condensación de la primera etapa mientras se condensa una porción del componente vaporizado del gas portador en el baño de condensación de la primera etapa;

15 extraer el gas portador de la salida de gas portador de la primera etapa;

pasar el gas portador desde la salida de gas portador de la primera etapa a través de la entrada de gas portador de la segunda etapa;

20 burbujear el gas portador hacia arriba a través del baño de condensación de la segunda etapa mientras se condensa una porción adicional del componente vaporizado de gas portador en el baño de condensación de la segunda etapa; y

extraer el gas portador de la salida de gas portador de la segunda etapa.

RESUMEN

En un condensador de mezcla de vapores de columna de borboteo, una fuente de fluido suministra una corriente de gas portador que incluye un fluido condensable en fase vapor.

5 El fluido condensable en forma líquida está contenido como baño en una cámara en cada etapa del condensador, y el gas portador se hace borbotear a través del baño para condensar el fluido en el baño. La energía procedente de la condensación se recupera para dar un fluido refrigerante en

10 un conducto que pasa a través del líquido en las etapas de condensador. El condensador de la mezcla de vapores de la columna de borboteo puede utilizarse, v.g., en un sistema de humidificación-deshumidificación para purificar un líquido, tal como agua.

15

20

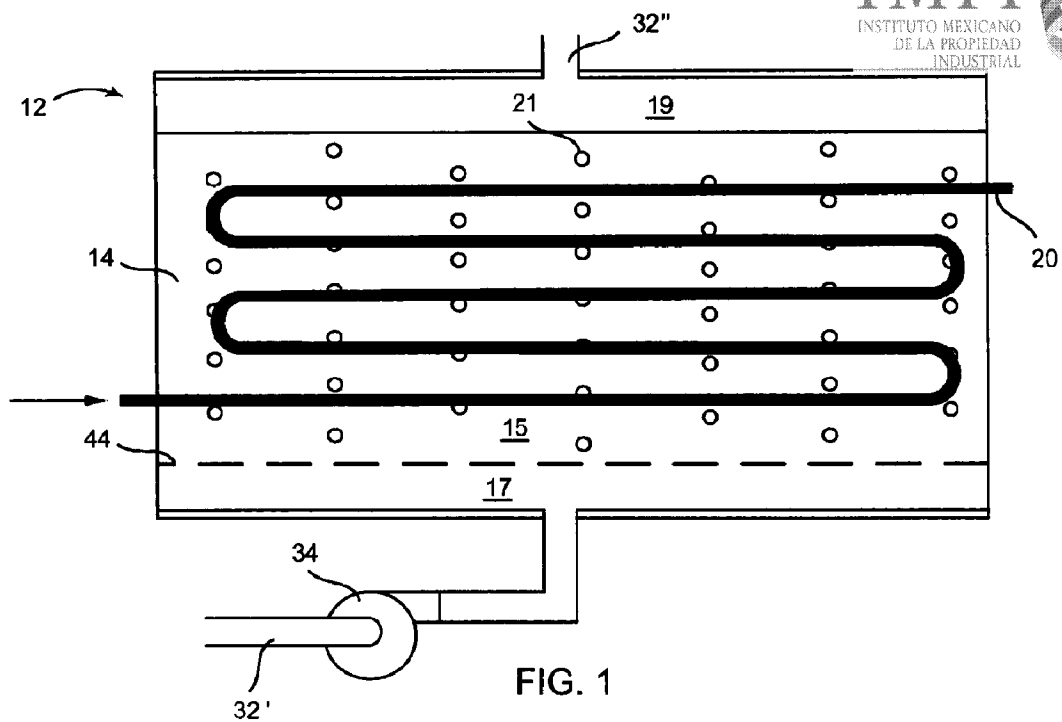


FIG. 1

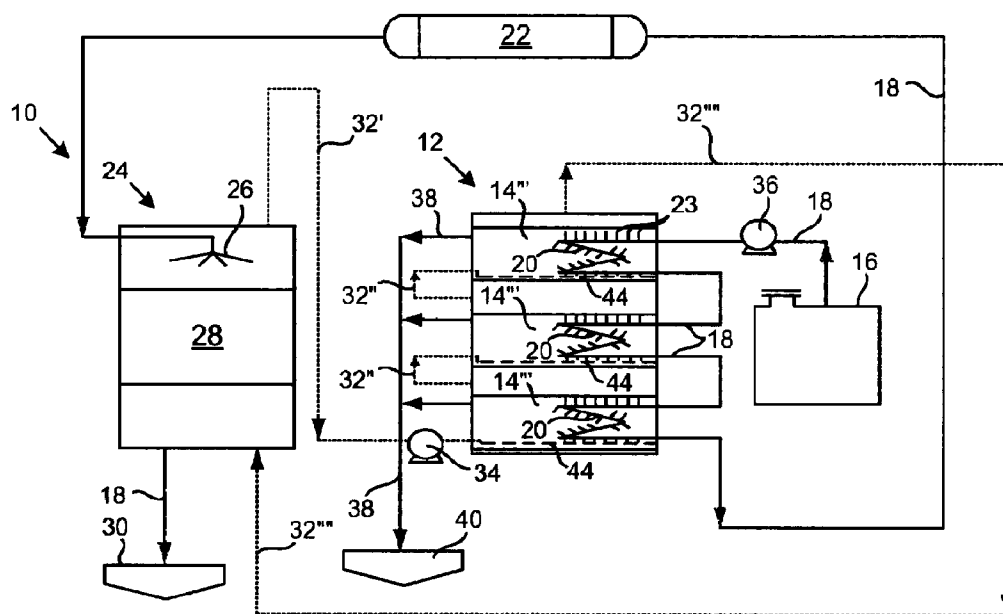
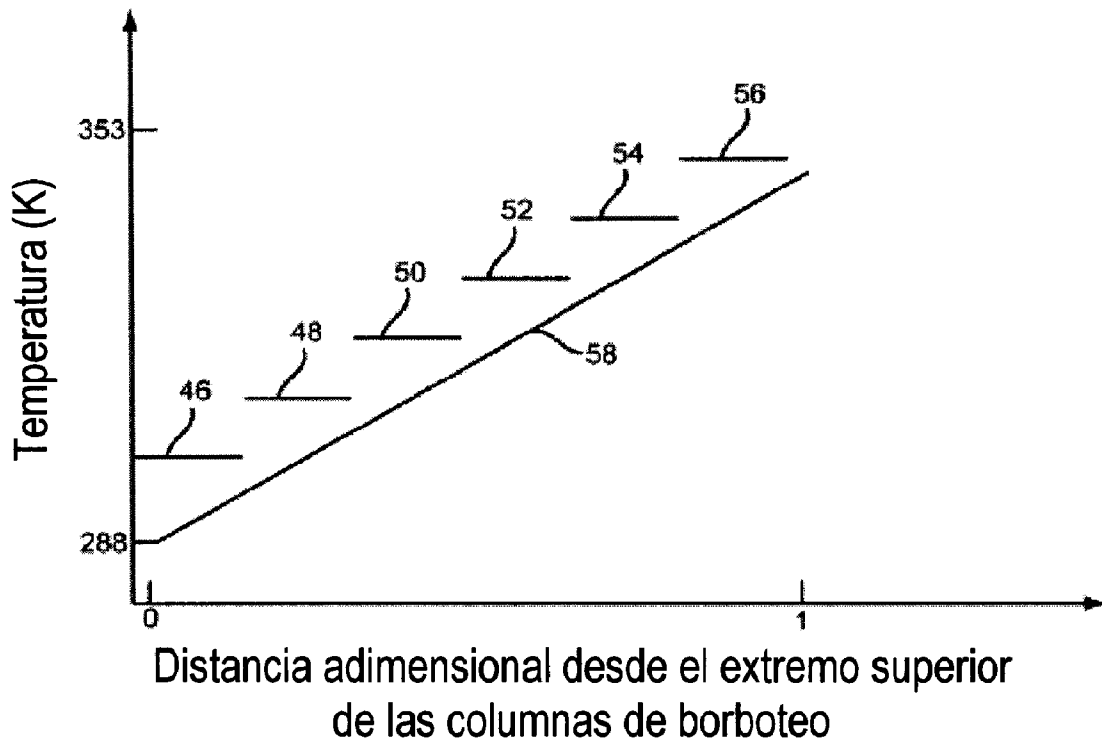
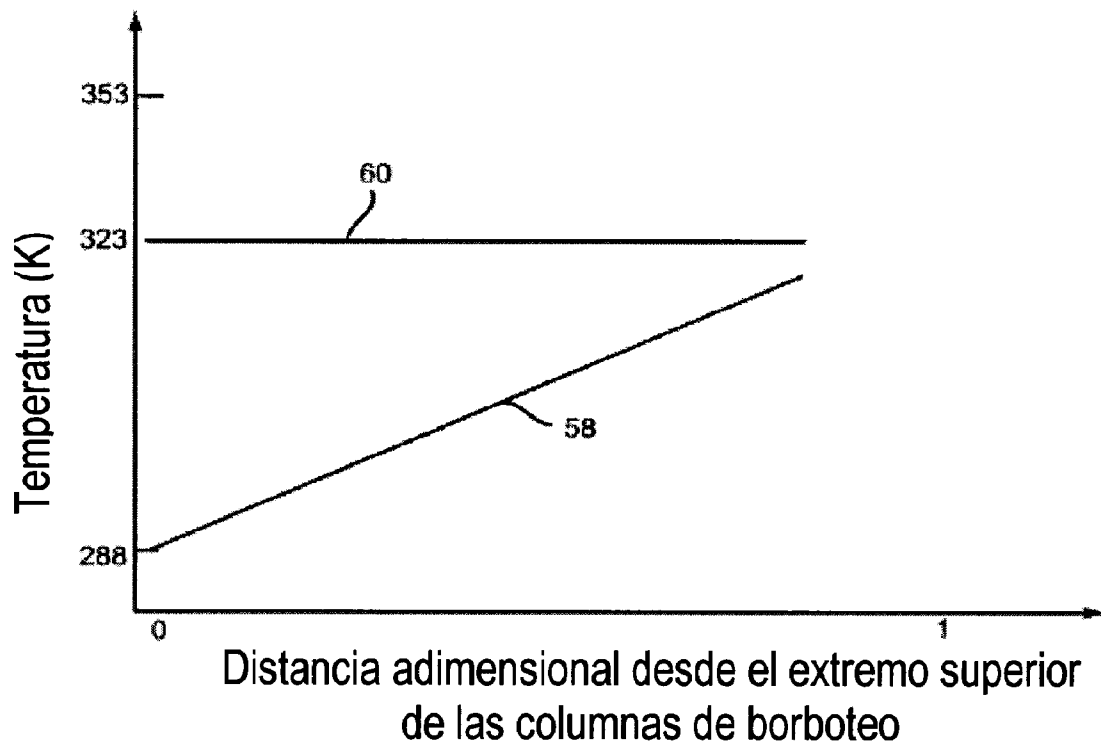


FIG. 2

**FIG. 3****FIG. 4**

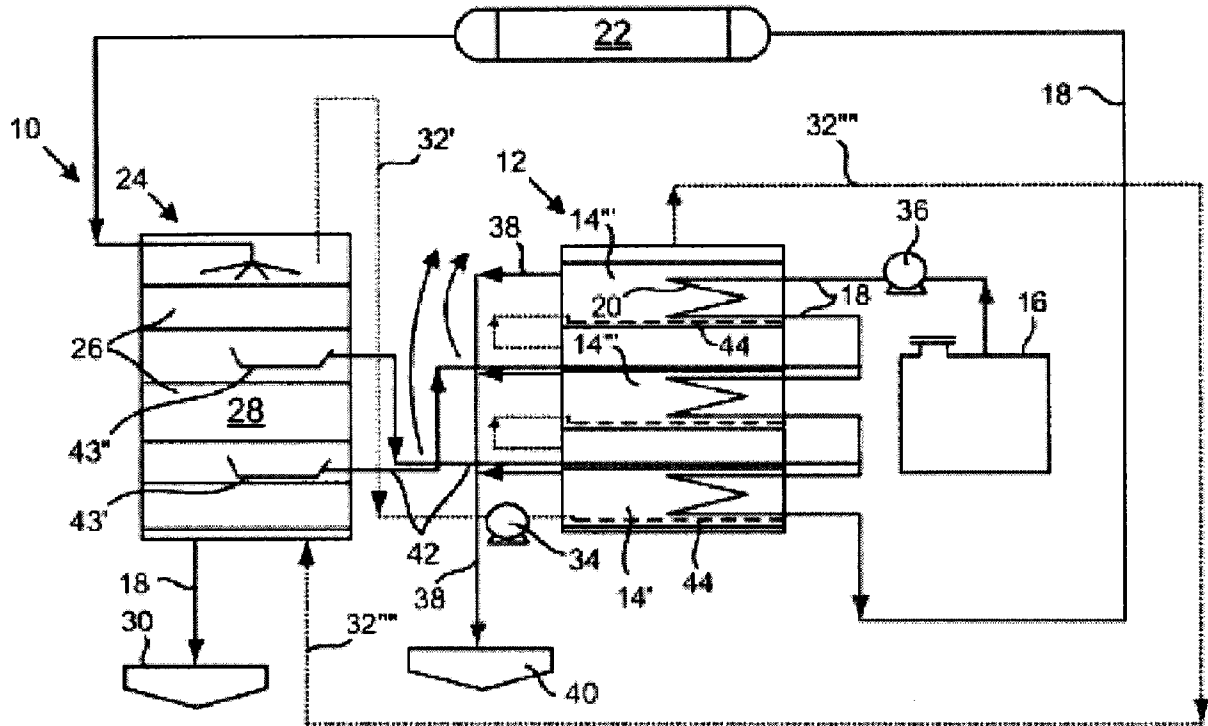


FIG. 5