

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 585 062**

51 Int. Cl.:

B01J 19/32 (2006.01)

F25J 3/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.03.2012** **E 12708297 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.04.2016** **EP 2822683**

54 Título: **Relleno estructurado**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
03.10.2016

73 Titular/es:

AIR PRODUCTS AND CHEMICALS, INC. (100.0%)
7201 Hamilton Boulevard
Allentown, PA 18195-1501, US

72 Inventor/es:

WILSON, JONATHAN;
SUNDER, SWAMINATHAN y
HOUGHTON, PATRICK ALAN

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 585 062 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

Relleno estructurado

- 5 La presente invención en general se refiere a un relleno estructurado. Un relleno estructurado tiene particular aplicación en columnas de intercambio de calor y/o de masa, especialmente en procesos de separación de aire criogénicos, aunque puede ser usado en otras aplicaciones, como por ejemplo, en intercambiadores de calor.
- 10 El término "columna" como es usado aquí significa una columna o zona de destilación o fraccionamiento, es decir una columna o zona donde las fases líquida o de vapor entran en contacto a contracorriente para efectuar la separación de una mezcla fluida, tal como por el contacto de las fases de vapor y líquida en elementos de relleno o en una serie de bandejas o placas espaciadas verticalmente montadas dentro de la columna.
- 15 Una columna de pared dividida es un sistema de columnas de destilación acopladas térmicamente. En columnas de pared dividida-, al menos una pared divisoria está colocada en el espacio interior de la columna. La pared divisoria generalmente es vertical. Dos separaciones diferentes de transferencia de masa pueden ocurrir en cada lado de la pared divisoria, por ejemplo.
- 20 El término "relleno" significa cuerpos sólidos o huecos de tamaño, forma y configuración predeterminados utilizados en el interior de la columna para proporcionar área de superficie al líquido para permitir la transferencia de calor y/o masa en la interfaz líquido-vapor durante el flujo a contracorriente de dos fases. Dos amplias clases de relleno son "aleatorias" y "estructuradas".
- 25 "Relleno aleatorio" significa un relleno donde los miembros individuales no tienen una orientación específica uno con respecto a otro o al eje de la columna. Rellenos aleatorios son tradicionalmente, estructuras huecas, pequeñas con una gran superficie por unidad de volumen, que son cargadas aleatoriamente en una columna.
- 30 "Relleno estructurado" significa un relleno donde los miembros individuales tienen una orientación específica relativa uno con respecto al otro y con el eje de la columna. Rellenos estructurados usualmente están hechos de finas láminas metálicas apiladas en capas.
- 35 En procesos tales como la destilación, es ventajoso usar relleno estructurado para promover la transferencia de calor y/o masa entre corrientes de líquido y vapor que fluyen a contracorriente-. El relleno estructurado cuando se compara con el relleno aleatorio o bandejas, ofrece los beneficios de mayor eficiencia para la transferencia de calor y/o masa con menor caída de presión. También tiene un rendimiento más predecible que el relleno aleatorio.
- 40 El rendimiento de separación del relleno estructurado es a menudo expresado en términos de altura equivalente a una placa teórica (HETP), la cual es la altura de relleno, a la cual se logra un cambio de composición que es equivalente al cambio de composición por una placa teórica. El término "placa teórica" significa un proceso de contacto entre las fases líquida y gaseosa tal, que las corrientes líquida y gaseosa están en equilibrio. Cuanto más pequeña es la HETP de un relleno particular para una separación particular, más eficiente es el relleno, porque la altura del lecho del relleno usado disminuye con la HETP.
- 45 La separación criogénica del aire es llevada a cabo mediante el paso de líquido y vapor en contacto a contracorriente a través de una columna de destilación. Una fase de vapor de la mezcla asciende con una concentración siempre creciente de los componentes más volátiles (por ej. nitrógeno), mientras una fase líquida de la mezcla desciende con una concentración siempre creciente los componentes menos volátiles (por ej. oxígeno). Varios rellenos o bandejas pueden ser usados para poner en contacto las fases líquida y gaseosa de la mezcla para lograr la transferencia de masas entre las fases.
- 50 Existen muchos procesos para la separación del aire en sus componentes mediante la destilación criogénica (por ej. nitrógeno, oxígeno, argón, etc.) Una unidad criogénica típica 10 de separación de aire se muestra esquemáticamente en la figura 1. Aire de alimentación 1 a alta (o más alta) presión, típicamente a una presión de 2 a 10 bar (200 a 1000 kPa), se alimenta a la base de una columna 2 de destilación de alta (o más alta) presión. En la columna 2 de alta presión, el aire es separado en vapor enriquecido en nitrógeno por encima y líquido enriquecido en oxígeno en el fondo. La corriente 3 de líquido enriquecido en oxígeno del fondo es alimentada desde la columna 2 de destilación de alta presión, después de una reducción de presión adecuada (no mostrada), típicamente a una presión de 1.1 a 2 bar (110 a 200 kPa absolutos) a una columna 4 de destilación de baja (o más baja) presión. La corriente 5 de vapor enriquecida en nitrógeno es hecha pasar a un condensador 6 donde es condensada para proporcionar una nueva ebullición a la columna 4 de baja presión. La corriente 7 de líquido enriquecida en nitrógeno es devuelta parcialmente a través de la corriente 8 como reflujo a la parte superior de la columna 2 de alta presión, y es alimentada parcialmente a través de la corriente 9 a la parte superior de la columna 4 de baja presión como reflujo de líquido.
- 60 La columna de baja presión 4 consiste de una sección inferior, en la cual se coloca el relleno estructurado 20, y una sección superior más estrecha 12 en la cual se coloca el relleno estructurado 21. Una columna de baja presión 13
- 65

separada, también conocida como columna auxiliar o lateral, que comprende un relleno estructurado 22 está prevista para la producción de una corriente 14 enriquecida en argón.

5 En la columna de baja presión 4, las corrientes 3 y 9 son separadas por destilación criogénica en componentes ricos en oxígeno y ricos en nitrógeno. Rellenos estructurados 21 y 20 pueden ser usados para poner en contacto las fases líquida y gaseosa del oxígeno y el nitrógeno que han de ser separadas. El componente rico en nitrógeno por encima es retirado como una corriente de vapor 16. El componente del fondo enriquecido en oxígeno es retirado como una corriente de líquido 17. Alternativamente el componente rico en oxígeno puede ser retirado desde una ubicación en el colector que rodea la caldera/condensador 6 como un vapor. Una corriente residual 15 es retirada también de la columna de baja presión 4.

10 La corriente de alimentación 18 es retirada desde un punto intermedio entre la sección inferior 11 y la sección superior 12 de la columna 4 de baja presión y es hecha pasar a la columna 13. Un condensador 25 está previsto en la porción superior de la columna 13 para generar un reflujo desde la corriente de alimentación 18. El paso de esta corriente de alimentación en flujo a contracorriente con el reflujo procedente del condensador 25 a través del relleno estructurado 22 crea una corriente de vapor 14 por encima enriquecida en argón, y la corriente de líquido 19 del fondo enriquecida en oxígeno que es devuelta a la columna de baja presión 4 por encima del relleno estructurado 20 y por debajo del relleno estructurado 21 como reflujo.

15 La figura 2 muestra una disposición alternativa para la destilación criogénica de aire para proporcionar nitrógeno, oxígeno y argón, en la cual una columna dividida de baja presión es usada en lugar de la columna separada 13 para la producción de argón en la figura 1. Tal disposición es descrita por ejemplo en la Patente Norteamericana . No. 6, 240,744 (Agrawal et al). Las características comunes con la disposición de la figura 1 tienen las mismas referencias numéricas. En esta disposición, la corriente de vapor que abandona la parte superior del relleno estructurado 20 en el extremo inferior de la columna 4 de baja presión se divide en dos porciones, de las cuales la primera sube al relleno estructurado 21 y la segunda al relleno estructurado 22 el cual es dividido del relleno estructurado 21 por la pared divisoria 23 y desde la parte superior de la columna de baja presión 4 por la pared final 24. En la figura, la pared divisoria es mostrada como una pared plana centralmente montada en la columna 4 de baja presión, para dividir la columna 4 a lo largo su diámetro en dos secciones de igual dimensión de sección transversal semicircular; sin embargo, como se explica en la Patente Norteamericana . No.6, 240,744, son posibles muchas otras disposiciones para la separación de relleno estructurado 22 del relleno estructurado 21. La porción de vapor entrante en el relleno estructurado 21 es separada en una corriente de vapor 14 por encima rica en nitrógeno y en una corriente de líquido en el fondo rica en oxígeno como se describió para la figura 1. La porción de vapor entrante al relleno estructurado 22 es separada en una corriente de vapor 14 por encima enriquecida en argón y un líquido del fondo enriquecido en oxígeno, como se describió para la columna 13 en la figura 1, pero sin requerir el gasto adicional y la complicación de prever la segunda columna 13. Además, con la disposición de la figura 2 no es necesario adaptar la columna 4 de baja presión mediante el estrechamiento representado en la figura 1 para compensar la retirada de vapor desde la columna 4 al pasar a la columna 13 para que el rendimiento de transferencia de masa de la columna 4 se mantenga a pesar del flujo de vapor reducido en la sección superior 12 comparado con la sección inferior 11.

Otros antecedentes de la técnica relativos a la estructura de columnas usadas en la destilación criogénica del aire incluyen:

45 El documento US 5,339,648 (Lockett et al.), la cual describe un sistema de destilación conveniente para la separación de aire que usa una sección de columna dividida con rellenos y/o bandejas en donde tres corrientes separadas de productos pueden ser retiradas de la columna dividida;

50 El documento US 5, 946,942 (Wong et al.), la cual describe el uso de una columna anular que comprende columnas cilíndricas coaxiales radialmente espaciadas con empaques y/o bandejas para rectificar diferentes mezclas fluidas criogénicas en la primera y segunda regiones de columna;

55 El documento EP 1162423 (Messer AGS GmbH), la cual describe la rectificación separada de un mezcla de argón-oxígeno usando líquido reciclado de la columna de argón crudo en la columna de baja presión;

El documento US 2006/0005574 (Glatthaar et al.), la cual describe un proceso para la recuperación de argón en un proceso de separación criogénico de aire mediante el uso de un tabique vertical que separa la columna rellena en una primera y segunda sub-sección;

60 El documento US 7, 357,338 (Zone et al.), la cual describe la disposición de relleno estructurado en una columna de pared dividida tal, que las perturbaciones al proceso de transferencia de calor/masa son minimizadas donde son usados rigidizadores para soportar mecánicamente la pared dividida;

65 El documento US 6,250,106 (Agrawal et al.), la cual describe una columna de destilación multi zonal que tiene al menos dos tabiques verticales que crean al menos una zona primaria y al menos dos zonas de destilación secundarias;

El documento US 2006/020926 (Kovak), la cual describe el conjunto de bandejas de destilación de flujo transversal radial para aplicación en una columna de pared dividida;

5 El documento US 2010/0096249 (Kovak), describe una columna dividida de intercambio dentro de la cual son colocados bandejas o relleno estructurado. El documento describe la división de la columna en dos secciones por una pared cordal (se han contemplado tanto divisiones iguales como desiguales) y también la división de la columna en tres secciones por medio de paredes radiales que se intersectan en el centro de la columna cilíndrica; y

10 El documento US 5, 669,236 (Billingham et al.), la cual describe la utilización de una sección rectificadora adicional en paralelo con la sección inferior de la columna de menor presión para la producción de oxígeno producto de baja y alta pureza.

15 Ninguna de las técnicas anteriores conocidas a los inventores considera en detalle la naturaleza del relleno estructurado requerido para obtener un resultado óptimo en columnas que no tienen sección transversal circular, pero poseen una sección transversal que tiene al menos un par de paredes o porciones de pared convergentes, tales como aquellas que incluyen al menos una esquina o ángulo en su sección transversal, tal como columnas divididas. La técnica anterior en su lugar simplemente describe el uso genérico de relleno estructurado o aleatorio y/o bandejas en columnas tabicadas o divididas.

20 Relleno estructurado se define en la presente invención como una lámina fina de plástico o metal que ha sido perforada, acanalada y ondulada para cumplir los requerimientos específicos de su aplicación pretendida. Una representación de un típico relleno estructurado se muestra en la figura 3, en la cual se muestra una lámina 40 la cual es ondulada plegándola a lo largo de líneas de doblez 45, y las cuales tienen un patrón acanalado, es decir, depresiones y/o áreas elevadas 50 en forma de estrías horizontales, formadas por ejemplo por realce de la lámina 40 y un patrón de perforaciones, o agujeros pasantes, 55. Las perforaciones 55 y la textura formada por las áreas elevadas/deprimidas 50 contribuyen a la dispersión del líquido/vapor sobre la superficie de la hoja 40, mejorando así la eficiencia de la transferencia de calor y masa del relleno. Típicamente, la superficie de la hoja fina ocupada por las perforaciones es de un 5% a 20%. Típicamente, la acanaladura puede ser en forma de estrías horizontales, o una superficie de textura bidireccional en forma de finas ranuras en relación entrecruzada.

25 Dentro de una capa de relleno empaque estructurado en una columna, múltiples láminas finas están orientadas verticalmente (es decir, con el plano de la lámina hoja sustancialmente paralela al eje de la columna), con láminas hojas adyacentes que tienen sus ondulaciones orientadas transversalmente (es decir, si una primera lámina tiene sus ondulaciones discurrendo desde la parte inferior izquierda a la parte superior derecha, una lámina adyacente estará orientada de tal manera que sus ondulaciones discurren desde la parte inferior derecha a la parte superior izquierda). Tal disposición está representada en la figura 3 del documento US 4, 296,050 (Meier). Es convencional hacer girar capas sucesivas de relleno estructurado, típicamente en un ángulo de 90° alrededor del eje de la columna con relación a la capa subyacente, para mejorar las características de flujo. Tal disposición está mostrada en la figura 4 del documento US 4,296,050 (Meier). Sin embargo, cada rotación aumenta la caída de presión a través de la columna comprendida de relleno.

40 El documento EP1036590 (Sunder et al) describe rangos óptimos de varios parámetros del relleno, por ejemplo una densidad de área de la superficie de 350 a 800 m²/m³, un ángulo de ondulación (o sea el ángulo entre la horizontal y el eje longitudinal de la ondulación cuando el elemento de relleno es vertical en la columna) de 35 a 65°, y un área abierta de perforaciones de 5 a 20%. No hay descripción en este documento del uso de columnas de pared dividida o columnas no cilíndricas.

50 El documento US 5, 876,638 (Sunder et al.) and US5, 901,575 (Sunder) también describen desarrollos en relleno estructurado.

55 Es un propósito de la presente invención proveer un relleno estructurado que sea óptimo para el uso en una columna cuya sección transversal no sea totalmente redondeada, es decir, una columna cuya sección transversal tiene al menos un par de paredes o porciones de pared convergentes, tal como una columna con pared dividida en la cual la división crea al menos una esquina o ángulo dentro de la columna. Es un propósito de la presente invención proveer un relleno estructurado que sea óptimo para el uso de tal columna en un aparato de destilación criogénica, en particular uno usado en la separación de componentes de aire.

60 Consecuentemente, en un primer aspecto, la presente invención provee el uso en un proceso de separación criogénica de relleno estructurado que tiene un ángulo de ondulación de al menos 50° en una columna o división de columna que tiene al menos un par de paredes o porciones de pared convergentes dentro de al menos una región de la columna o división de columna delimitada por, o que yace entre, al menos un par de paredes o porciones de pared convergentes.

65 En un segundo aspecto, la presente invención provee un aparato para un proceso de separación criogénica que

comprende una columna o división de columna que tiene al menos un par de paredes o porciones de pared convergentes dentro de al menos una región de la columna o división de columna delimitada por, o que yace entre, al menos un par de paredes o porciones de pared convergentes, un relleno estructurado que tiene un ángulo de ondulación de al menos 50°.

5 En un tercer aspecto, la presente invención provee un método de separación criogénica que comprende el suministro de uno o más fluidos a una columna o división de columna teniendo al menos un par de paredes o porciones de pared convergentes y que, dentro de al menos una región de la columna o de la columna dividida delimitada por, o que yace entre, al menos un par de paredes o porciones de pared convergentes, contienen un relleno estructurado que tiene un ángulo de ondulación de al menos 50°, de tal modo que uno o más fluidos contactan con el relleno estructurado para efectuar transferencia térmica y/o transferencia de masa.

10 En el contexto de la presente invención, una división de columna es una parte de una columna físicamente separada del resto de la columna por al menos una pared divisoria dispuesta sustancialmente para coextenderse con el eje longitudinal de la columna. Es decir, dónde la columna tiene su eje longitudinal posicionado verticalmente, como es usual en el uso, la o cada división de columna es creada por la presencia de una pared sustancialmente vertical dentro de la columna que físicamente segrega una parte del volumen de la columna del resto, de tal manera que impida la mezcla del fluido presente en la división de columna con el fluido presente en el resto de la columna sobre la distancia vertical a lo largo de la cual se extiende la pared divisoria.

15 Los presentes inventores creen que la presencia de al menos un par de paredes o porciones de pared convergentes, y en particular la presencia de un ángulo o esquina, en la sección transversal de una columna o división de columna restringe la mezcla de fluido dentro de la columna en una zona del borde cerca de la columna o de la pared divisoria de la columna, dando como resultado una reducción de la eficiencia de transferencia de masa y/o transferencia de calor dentro de la columna donde es usado un relleno estructurado optimizado para el uso en una columna cilíndrica. La presente invención provee beneficio en términos de ahorros en el costo y acrecienta la eficiencia de transferencia de masa por el uso de un relleno estructurado optimizado para el uso en una columna o división de columna que tiene al menos un par de paredes o porciones de pared convergentes, cuya optimización no ha sido considerada necesaria previamente.

20 En un cuarto aspecto, la presente invención provee un método para mejorar un aparato para un proceso de separación criogénico cuyo aparato comprende una columna o división de columna cuya sección transversal comprende al menos un par de paredes o porciones de pared convergentes y que contiene un relleno estructurado que tiene un ángulo de ondulación de menos de 50°, comprendiendo los pasos de:

25 quitar el relleno estructurado que tiene un ángulo de ondulación de menos de 50° de al menos una región de la columna o división de la columna delimitada por, o que yace entre, al menos un par de paredes o porciones de pared convergentes, y
 40 reemplazar el relleno estructurado que tiene un ángulo de ondulación de menos de 50° con un relleno estructurado que tenga un ángulo de ondulación de al menos 50°.

Preferiblemente, el relleno estructurado que tiene un ángulo de ondulación de 50° o más tiene un ángulo de ondulación de 55° o más.

45 En un quinto aspecto, la presente invención provee un método de instalación de relleno estructurado en un aparato para un proceso de separación criogénico, cuyo aparato comprende una columna o división de la columna que tiene al menos un par de paredes o porciones de pared convergentes, comprendiendo los pasos de:

50 proveer un relleno estructurado que tiene un ángulo de ondulación de al menos 50°, e
 instalar dicho relleno estructurado en al menos una región de la columna o división de la columna delimitada por, o que yace entre, al menos un par de paredes o porciones de pared convergentes.

Las características preferidas siguientes se aplican a todos los aspectos de la invención, cuando proceda, y pueden ser combinadas.

55 Preferiblemente, el ángulo de ondulación del relleno estructurado usado en la presente invención es de entre 50° y 70°, más preferiblemente de entre 55° y 65°, y lo más preferiblemente de 60°.

60 El término "al menos un par de paredes o porciones de pared convergentes" describe la situación en donde las paredes de la columna, o partes de las paredes de la columna, se aproximan mucho entre sí progresivamente. Las paredes o partes de paredes no necesitan intersectarse o contactarse una con otra como resultado de su convergencia, pero pueden intersectarse o pueden contactar una con otra para formar un ángulo o esquina en la sección transversal de la columna.

65 Convenientemente, el relleno estructurado es usado a través de todo el área de sección transversal de dicha columna o división de columna, y no sólo en una región delimitada por, o que yace entre, al menos un par de

paredes o porciones de pared convergentes.

5 Preferiblemente, la columna o división de columna comprenden al menos un ángulo interno en su sección transversal menor que o igual a 120° , más preferiblemente menor que o igual a 100° , tal como menor que o igual a 90° . Se cree que la interrupción para mezclarse dentro de la zona de borde aumenta con la agudeza del ángulo o de los ángulos presentes en la sección transversal de la columna o división de columna, y así se obtiene un mayor beneficio para la presente invención donde el ángulo o los ángulos son más agudos.

10 Convenientemente, la sección transversal de la columna o de la división de columna puede ser una sección transversal irregular que incluye una esquina o ángulo, o puede ser un polígono irregular o regular, o puede ser una figura formada por la intersección de una cuerda con un círculo u otra forma redondeada dando como resultado uno o más ángulos o esquinas. Por ejemplo, la columna o división de la columna puede ser de sección transversal hexagonal, pentagonal, cuadrada, rectangular, triangular, semicircular, parcialmente circular, o circular en su cuarta parte. Nuevamente, es de esperar que los beneficios de la invención sean mayores cuanto más agudo sea el ángulo o los ángulos presentes en la sección trasversal.

15 La columna o división de la columna pueden comprender uno, dos, tres, cuatro, cinco, seis o más ángulos o esquinas. Es de esperar que el beneficio de la invención aumente con el número de ángulos presentes que sean capaces para interrumpir la mezcla. Preferiblemente, al menos uno, y más preferiblemente todos, los ángulos sean 120° o menos, como 100° o menos, más preferiblemente 90° o menos, como 70° o menos.

20 Preferiblemente, la invención se aplica a una división de columna formada por estar provista de al menos una pared divisoria dentro de la columna que está en contacto con la pared externa de la columna en al menos un lugar. Preferiblemente, la columna que debe ser dividida tiene una sección transversal circular, y al menos una de las divisiones de la columna así formada tiene una sección transversal no circular que comprende al menos un ángulo o una esquina. Convenientemente, la columna puede estar dividida en más de dos divisiones, tal como tres, cuatro, cinco, seis, diez o veinte divisiones, por un apropiado número de paredes divisorias, las cuales pueden intersectar una a otra y/o a la pared de la columna para formar el número requerido de divisiones. Las paredes divisorias pueden ser iguales unas a otras, o pueden tomar formas diferentes, e individualmente puede formar una línea recta o una línea curvada dentro de la sección transversal de la columna que debe ser dividida. Las paredes divisorias pueden ser de las mismas longitudes o de longitudes diferentes, y las divisiones formadas pueden ser de formas o polígonos regulares o irregulares, y pueden ser de la misma o diferente sección transversal y/o área de sección transversal una que otra. Estos parámetros pueden ser seleccionados en dependencia del uso deseado de la columna dividida.

25 Preferiblemente, sin embargo, la columna es dividida en dos divisiones por una sola pared divisoria. Donde la columna que ha sido dividida tiene una sección transversal circular, preferiblemente la pared divisoria es una pared formada por una cuerda. Donde la columna que ha de ser dividida no es de sección transversal circular, la columna es preferiblemente dividida por una pared divisoria que se extiende a lo largo de la sección transversal de la columna de manera tal que cada extremo de la pared divisoria intersecta la pared de la columna en lugares diferentes. En uno u otro caso, las áreas en sección transversal de las divisiones de la columna pueden ser seleccionadas según el flujo requerido de fluido a través de cada división de columna. Convenientemente, donde el flujo a través de cada división debe ser igual, las divisiones de la columna son de igual área en sección transversal, y, en este caso, donde la columna que ha sido dividida tiene una sección transversal circular, las divisiones de la columna son de sección transversal semicircular.

30 Preferiblemente, el relleno estructurado tiene una densidad superficial de 350 a $800 \text{ m}^2 / \text{m}^3$. Preferiblemente, la acanaladura del relleno estructurado es en forma de estrías horizontales. Preferiblemente, el área abierta de las perforaciones está en rango de 5 a 20% .

35 Preferiblemente, el tamaño de la columna es mayor de $0,5$ m de diámetro, tal como mayor que o igual a $0,9$ m de diámetro, más preferiblemente mayor que o igual a 1 m de diámetro, donde la columna es de sección transversal circular, o es mayor que las áreas en sección transversal equivalentes (es decir, mayor que $0,196 \text{ m}^2$, mayor que o igual a $0,64 \text{ m}^2$, y mayor que o igual a $0,79 \text{ m}^2$ respectivamente) donde la sección transversal es de otra forma.

40 Preferiblemente, el diámetro máximo de la columna es 15 m, como 10 m, 9 m, 8 m, 7 m, 6 m, 5 m, o 4 m, para una columna de sección transversal circular. Nuevamente, donde la sección transversal de la columna es de otra forma, el tamaño máximo de la columna es del área correspondiente en sección transversal máxima, es decir, 177 m^2 , $78,5 \text{ m}^2$, $63,6 \text{ m}^2$, $50,3 \text{ m}^2$, $38,5 \text{ m}^2$, $28,3 \text{ m}^2$, $19,6 \text{ m}^2$, o $12,6 \text{ m}^2$ respectivamente.

45 La invención se aplica en un proceso de separación criogénico, tal como un proceso de separación criogénico de aire (destilación criogénica), que incluye, pero no se limita a, la separación de aire en corrientes enriquecidas en nitrógeno, oxígeno y argón. De esta manera, puede ser aplicada a la separación criogénica de aire en corrientes enriquecidas en nitrógeno, y oxígeno. Convenientemente, la invención es aplicada a la separación criogénica de aire en corrientes enriquecidas en oxígeno y en argón.

Breve descripción de las figuras

La Figura 1 muestra una representación esquemática de una disposición conocida para la destilación criogénica de aire.

La Figura 2 muestra una representación esquemática de una disposición conocida para la destilación criogénica de aire, en la cual se usa una columna de pared dividida (tabicada).

La Figura 3 muestra una representación esquemática de relleno estructurado.

La Figura 4 muestra una representación esquemática de los ejes longitudinales de ondulación en relleno estructurado cuándo está colocado en una columna.

La Figura 5 muestra en una vista en planta la apariencia de relleno estructurado en (a) una columna que tiene una sección transversal circular, y (b) una columna que tiene una sección transversal semicircular.

Las Figuras 6 a la 15 ilustran vistas en planta de ejemplos de disposiciones de la columna para las cuales es aplicable la presente invención.

La Figura 16 muestra los resultados obtenidos para un relleno estructurado de la técnica anterior cuándo se usa en una columna que tiene una sección transversal circular y una columna que tiene una sección transversal semicircular en términos de HETP.

La Figura 17 muestra los resultados obtenidos para un relleno estructurado de la técnica anterior cuándo se usa en una columna que tiene una sección transversal circular y una columna que tiene una sección transversal semicircular en términos de caída de presión.

La Figura 18 muestra los resultados obtenidos para un relleno estructurado según la presente invención cuándo se usa en una columna que tiene una sección transversal circular y una columna que tiene una sección transversal semicircular.

La Figura 19 muestra los resultados obtenidos en términos de caída de presión para un relleno estructurado según la presente invención cuándo se usa en una columna que tiene una sección transversal circular y en una columna que tiene una sección transversal semicircular.

Descripción detallada

La presente invención es aplicable para columnas en las cuales, en la vista en planta de la columna, hay al menos un par de paredes o porciones de pared convergentes, tales como donde una o más paredes divisorias crean ángulos o esquinas, o tales como donde la sección transversal no está totalmente redondeada sino que al contrario tiene al menos un ángulo o esquina. Los presentes inventores creen que las ventajas de la presente invención en términos de eficiencia de la separación son obtenidas para la totalidad de tales columnas.

Al diseñar un relleno estructurado óptimo para una columna particular, un experto en la técnica es consciente de que varios "cambios" son usados para determinar los mejores parámetros generales... Por ejemplo, la eficiencia de transferencia de masa y la caída de presión son halladas más altas para un ángulo de ondulación de 45° que para un ángulo de ondulación de 60°, mientras que la capacidad operativa es más baja para un ángulo de ondulación de 45° que para uno de 60°; estos efectos deben ser equilibrados para que el relleno escogido muestre una eficiencia de transferencia de masa, caída de presión y capacidad operativa aceptables para una columna particular.

Al pasar a través de un relleno estructurado en una columna, el fluido fluye principalmente a lo largo de los canales formados por las ondulaciones en la lámina. Parte de este fluido que corre en estos canales se mezcla con el fluido que fluye en los canales adyacentes entrecruzados que están en una dirección diagonal transversal como se explicó anteriormente. También debido a la presencia de aberturas en la lámina, algo del fluido se mezcla con fluido que fluye a través de canales adyacentes. La mezcla de fluido de esta manera es importante para corregir cualquier desequilibrio de composición que pueda desarrollarse dentro de una sección transversal de una columna de destilación, y es un factor significativo en la eficiencia de separación de la columna. Puede verse en la figura 4 que un ángulo de 45° provee una distancia lateral más larga comparada con un ángulo de 60° dentro de la columna para que el fluido se desplace en cada capa de relleno estructurado, y por ello provee un área más grande para que la mezcla de fluido procedente de canales separados tenga lugar dentro de cada capa de relleno estructurado.

El documento EP1036590 muestra un ángulo óptimo de ondulación de 35°-65° para columnas cilíndricas. Dentro de este intervalo es una costumbre industrial común usar rellenos con un ángulo de ondulación de 45° para proveer el cambio de parámetros como la eficiencia de transferencia de masa, caída de presión y capacidad operativa descritos anteriormente para una columna cilíndrica particular.

Los presentes inventores son conscientes de que no hay técnica anterior en la que se haya descrito la optimización del relleno estructurado ya sea para columnas no cilíndricas o columnas divididas en las cuales hay al menos un par de paredes o porciones de pared convergentes, o en la cual se haya revelado o sugerido que los parámetros óptimos para relleno estructurado para uso ya sea en columnas no cilíndricas o en columnas divididas en las cuales hay al menos un par de paredes o porciones de pared convergentes son diferentes de aquellos para columnas cilíndricas convencionales. Sin embargo, los presentes inventores sorprendentemente han descubierto que el relleno óptimo para una columna dividida o una columna en la cual hay al menos un par de paredes o porciones de pared convergentes es diferente de aquellos para una columna de sección transversal circular. Se cree que esta diferencia es debida a la diferencia en el comportamiento de la mezcla de fluidos en la columna en la "zona de borde", explicado a continuación, para los dos tipos de columna.

Ha sido sorprendentemente descubierto por los presentes inventores que el uso de un ángulo de ondulación de 60° en una columna o división de columna en la cual la sección transversal tiene al menos un par de paredes o porciones de pared convergentes proporciona la misma eficiencia de separación que el uso del mismo relleno en una columna cilíndrica. Sin embargo, el uso de relleno que tiene un ángulo de ondulación de 45° en una columna o división de columna en la cual la sección transversal tiene al menos un par de paredes o porciones de pared convergentes da como resultado una degradación significativa de la eficiencia de separación comparada con el mismo relleno usado en una columna cilíndrica.

En una columna cilíndrica, el fluido puede fluir libremente dentro de la zona anular de borde cerca de la pared de la columna. La zona de borde es la distancia lateral desde la pared de la columna en la cual un canal de ondulación en el relleno estructurado terminará en la pared en vez de en el relleno estructurado en la capa de arriba o la capa de abajo. Se calcula como (altura de la capa del relleno estructurado) / (tan [ángulo de ondulación]). Una altura típica de la capa para tal relleno estructurado es 200 mm, y con un ángulo de ondulación de 45° una zona anular de borde de 200 mm estaría presente dentro de la cual la mezcla puede tener lugar. Sin embargo, en una columna o división de columna donde al menos un par de paredes o porciones de la pared convergentes esté presente, el fluido en lugar de eso tiende a acumularse en la región en la cual la pared o porciones de pared convergen, y así la mezcla completa y el equilibrio de composición de los fluidos en estas regiones no tiene lugar. Como consecuencia, el rendimiento de la columna en términos de eficiencia de separación resulta perjudicado comparado con una columna cilíndrica equivalente.

Sin el deseo de estar limitado por la teoría, una explicación posible por los presentes inventores es que el mantenimiento de la eficiencia de separación para el relleno con ángulo de ondulación de 60° es el resultado de una zona de borde cerca de la pared de la columna o división de la columna formada cuando se utiliza un relleno estructurado que tiene un ángulo de ondulación de 60° comparado con el observado para un relleno estructurado que tiene un ángulo de ondulación de 45°. Como consecuencia, el incremento esperado en el desequilibrio de composición debido a la mezcla pobre de fluidos en la región en la cual convergen las paredes o las porciones de pared es significativamente reducido o evitado completamente, y así la eficiencia de la separación se mantiene comparada con el uso del mismo relleno en una columna cilíndrica.

Consecuentemente, el ángulo de ondulación óptimo del relleno estructurado para el uso en una columna o división de columna en la cual la sección transversal tiene al menos un par de paredes o porciones de pared convergentes es diferente al ángulo de la técnica anterior para columnas cilíndricas. Nada de la técnica anterior de la cual los inventores son conocedores describe cualquier diferencia posible en el rendimiento de relleno estructurado en columnas de sección transversal diferente, a pesar del uso amplio de columnas divididas en la industria de destilación durante más de 50 años.

El descubrimiento que la eficiencia de separación no se degrada con un ángulo de ondulación de 60° para una columna o columna dividida que tiene al menos un par de paredes o porciones de pared convergentes relativas a un ángulo más comúnmente usado de 45° permite que se obtenga la ventaja de la capacidad operativa más alta del relleno con ángulo de ondulación 60°- o sea el "cambio" para esta columna se desplaza inesperadamente a favor de un ángulo de ondulación de 60°. Esto es de beneficio particular en un sistema como se ha representado en la figura 2, en el cual una columna dividida es utilizada, pues la capacidad operativa superior y los beneficios de coste de tal sistema pueden ser obtenidos con la presente invención sin requerirse una adición del 30-50% a la altura de la columna dividida para compensar las características más pobres de transferencia de la masa de esa columna cuando se usa en combinación con un relleno estructurado con ángulo de ondulación convencional de 45°

Ejemplos de columnas para las cuales la presente invención es aplicable son mostrados en las figuras 6-15. Un experto en la técnica podrá apreciar que éstos son meramente ejemplos, y que son posibles otras secciones transversales de columna u otras disposiciones de columnas de pared dividida a las cuales se aplicará igualmente la invención.

La figura 6 muestra una vista en planta de una columna que ha sido dividida por una pluralidad de paredes divisorias que intersectan en un número de zonas de la columna cada una con una sección transversal cuadrada. La figura 7 muestra una vista en planta de una columna que ha sido dividida por una pluralidad de paredes divisorias que intersectan en un número de zonas de la columna cada una con una sección transversal hexagonal. Se apreciará que pueden ser usadas otras disposiciones de secciones transversales de zona de columnas de mosaico poligonal. Igualmente, será apreciado que los beneficios de la presente invención serán obtenidos con el uso de una sola columna que tenga una sección transversal poligonal. Se espera que los beneficios de la invención serán mayores por el uso de columnas de secciones transversales cuadradas o rectangulares, tales como las mostradas en la figura 6, que para columnas hexagonales tales como las mostradas en la figura 7, ya que los ángulos formados entre las paredes de la columna son más agudos para las columnas cuadradas o rectangulares, y por lo tanto el efecto de los ángulos en crear zonas de borde en las cuales la mezcla del fluido se reduce se espera que sea mayor. Cuanto más próxima esté la sección transversal de la columna o la división de columna a una sección circular, mucho menor será el beneficio obtenido de la presente invención.

La figura 8 muestra una vista en planta de una columna en la cual dos paredes divisorias abarcan cada una el radio

de la sección transversal circular de la columna para dividir un cuarto del área de la sección transversal de las tres cuartas partes restantes. Un ángulo o esquina de 90° se forma en el medio de la sección transversal de la columna, y en las intersecciones de las paredes divisorias con la circunferencia de la columna las paredes divisorias son perpendiculares a una tangente a la pared de la columna en el punto de intersección. Es anticipado que el beneficio de la invención será obtenido en ambas divisiones de la columna así formadas. En la división más pequeña, los ángulos entre las dos paredes divisorias y entre cada pared divisoria y la pared circular de la columna se espera que restrinjan la mezcla de fluido significativamente. De modo semejante, los ángulos formados entre cada pared divisoria y la pared circular de la columna en la división mayor se espera que reduzcan significativamente la mezcla de la columna; el ángulo de reflexión en la unión de las dos paredes divisorias en el centro de la columna también puede afectar la mezcla de fluido, pero esto se espera que sea de una magnitud muy inferior a lo observado en los ángulos agudos en la pared circular de la columna.

Una vez más, se apreciará que otras disposiciones de dos paredes divisorias son posibles en las cuales se formen un ángulo más grande o más pequeño entre las dos paredes divisorias.

La figura 9 muestra una columna en la cual una pared divisoria que es una cuerda de la sección transversal circular de la columna divide el área en sección transversal de la columna en dos partes desiguales. Un ángulo o esquina se forma en cada extremo de la pared divisoria donde interseca la circunferencia de la columna. Es de esperar que las ventajas de la presente invención sean obtenidas en ambas divisiones de la columna, pero que se obtendrá un grado mayor de ventaja para la división más pequeña, puesto que los ángulos más agudos formados entre la pared circular de la columna y la pared divisoria se espera que retarden más significativamente la mezcla de fluido cerca de estas esquinas.

La figura 10 muestra una columna que tiene dos paredes divisorias que son cuerdas de la sección transversal circular de la columna, las cuales en este caso están ubicadas paralelamente una a otra para definir tres regiones dentro de la columna: dos sectores y un área entre los sectores cruzando el centro de la columna que está próximo a una sección transversal rectangular. Otra vez, los ángulos o las esquinas se forman donde las cuerdas intersecan la circunferencia de la columna. El beneficio de la presente invención está previsto que sea mayor para las dos divisiones del sector, que tienen ángulos más agudos formados en las uniones entre la pared divisoria y la pared circular de la columna, que para la división del centro, aunque todas las tres áreas se espera que obtengan como resultado algún beneficio de la invención.

La figura 11 muestra una columna que tiene tres paredes divisorias que son cuerdas de la sección transversal circular de la columna, y que cada una interseca una pared divisoria adyacente en el punto en que intersecan la circunferencia de la columna de tal manera que definen una región de la columna de sección transversal triangular en el centro de la columna. Ángulos o esquinas se forman cada punto de intersección. Se apreciará que son posibles disposiciones alternativas en las cuales las paredes no necesitan intersectarse una a otra al intersectar la circunferencia (es decir, varios sectores pueden estar formados por paredes divisorias que no se intersecan una con otra), y que más de tres paredes divisorias pueden estar previstas que son cuerdas de la circunferencia de la columna. Es de esperar que el beneficio de la presente invención sería obtenido por todas las divisiones de esta columna.

La figura 12 muestra una columna en la cual las paredes divisorias no intersecan la pared de la columna pero definen una región de sección transversal triangular dentro de la columna. Del mismo modo, la figura 13 muestra una disposición donde las paredes divisorias incluyen una región de sección transversal cuadrada dentro de la columna sin que ninguna de las paredes divisorias intersequen o contacten la pared de la columna. Se apreciará que pueden ser previstas más paredes para incluir regiones que tienen secciones transversales poligonales diferentes. También, una o más paredes divisorias puede intersecar con la circunferencia de la columna, y las paredes pueden ser de longitudes diferentes, dando así como resultado una región central de sección transversal poligonal irregular. Se espera que el beneficio de la presente invención será obtenido en ambas áreas formadas por la división de la columna, ya que la mezcla de fluido estará restringida tanto por las paredes convergentes en la división exterior como por los ángulos formados por las paredes que se intersecan de la división interior pero que el beneficio será mayor para la división interior que para la división exterior. El beneficio obtenido por el área central triangular en la figura 12 se espera que sea mayor que el obtenido para el área interior cuadrada en la figura 13 debido a los agudos más ángulos de la columna en el caso anterior.

La figura 14 muestra una columna en la cual una pared divisoria incluye una región que tiene sección transversal circular, en la que la pared divisoria contacta con la circunferencia de la columna. Así, la pared divisoria y la circunferencia de la columna convergen para formar ángulos en el punto del contacto entre la pared divisoria y la circunferencia de la columna. Se apreciará que la pared divisoria no necesita incluir un área circular, sino que puede formar cualquier forma redondeada en general. También se apreciará que la pared divisoria no necesita contactar con la pared de la columna, pero debe ser dispuesta de manera tal que converjan al menos una parte de la pared divisoria y al menos una parte de la pared de la columna. En este caso se espera que el beneficio de la presente invención será obtenido solamente en la división de columna exterior y que la división de columna interior tiene sección transversal circular, en tanto que los ángulos agudos formados por el contacto entre la pared de la columna y la pared divisoria tendrán un efecto restrictivo sobre la mezcla de fluido en la sección de columna exterior.

La figura 15 muestra una columna en la cual tres paredes divisorias se extienden radialmente desde el centro de la columna hacia la pared circular de la columna, dividiendo así la columna cilíndrica en tres segmentos iguales. El beneficio de la presente invención se espera que sea obtenido para todos los segmentos debido a la mezcla restringida de fluido causada en las esquinas de cada segmento.

Ejemplos

Una comparación del rendimiento de relleno estructurado según la técnica anterior con un relleno estructurado según la invención fue llevada a cabo en un aparato de destilación criogénica incluyendo ya sea una columna con una sección transversal en forma de una D o una columna con una sección transversal circular para la separación de argón del oxígeno. Para la columna con una sección transversal circular, aproximadamente 20 capas de relleno, donde cada capa de relleno tiene aproximadamente 210 mm en altura y 900 mm de diámetro, son apiladas una sobre otra con orientación de 90° dentro de una columna de destilación criogénica. Para la columna con sección transversal en forma de D, aproximadamente 20 capas de relleno, donde cada relleno tiene 210mm de altura y 900 x 450 mm de área semicircular, son apiladas una sobre otra con orientación de 90° dentro de una columna de destilación criogénica. Todas las comparaciones fueron llevadas a cabo bajo el reflujo interno total a una presión en la columna de 0.4 barg (de 40 kPa manométrica). La separación de mezclas binarias de argón/oxígeno se estudió midiendo la composición de las corrientes del líquido y vapor que entran y salen de la columna para determinar la eficiencia de transferencia de masa y la caída de presión. Ambos rellenos usados se adaptan al tipo general mostrado en la figura 3, con estrías horizontales, un área abierta de perforaciones de aproximadamente 10%, y cada una tiene un área de aproximadamente 500 m²/m³. Los rellenos estructurados difieren en su ángulo de ondulación, que es de 45° en el caso de rellenos de la técnica anterior (Relleno A) y de 60° en el caso del relleno de acuerdo con la invención (Relleno B). El rendimiento se presenta en términos de HETP y de la caída de presión dinámica medida a través de ambos rellenos los cuales se presentan como funciones de K_V , la velocidad del gas superficial corregida por la densidad, que se define como:

$K_V = U [(\rho_V / \rho_L - \rho_V)^{0.5}]$, donde U = velocidad superficial de la fase de vapor en la columna en m/s; ρ_V = densidad de la fase de vapor en la columna en kg/m³; y ρ_L = densidad de la fase líquida en la columna en kg/m³. Los valores de HETP, K_V y caída de presión se han normalizado para comparar el rendimiento de los rellenos en las dos formas diferentes de columnas usadas.

Los resultados obtenidos para el relleno la estructurado de la técnica anterior en una columna de sección transversal circular y una columna de sección transversal semicircular se muestran en las figuras 16 y 17. Dos conjuntos de datos se muestran para columnas de sección transversal circular (puntos de datos circular y triangular) y uno para columnas de sección transversal semicircular (puntos de datos romboide). Puede verse en la figura 16 que el valor HETP es mayor en alrededor del 30 -50% (dependiendo de K_V), y por tanto la eficiencia de separación es inferior para este relleno en una columna de sección transversal semicircular comparado con una columna de sección circular. Las curvas comienzan a converger a K_V normalizada de aproximadamente 1,35 en cuyo punto ambas curvas comienzan a mostrar un incremento pronunciado de HETP al aumentar K_V , cuya posterior observación implica que la capacidad de funcionamiento es similar para ambas columnas usadas. La figura 17 muestra que la caída de presión del relleno A es similar en ambos tipos de columnas utilizadas. Además, el punto de carga de ambas columnas que en este caso se define como K_V , al cual el aumento de la caída de presión resulta más rápido con otros incrementos crecientes en K_V similares a una K_V de 1,05.

Los resultados obtenidos para el relleno estructurado B según la presente invención se muestran en las figuras 18 y 19. Nuevamente se muestran dos conjuntos de datos para columnas de sección transversal circular (en este caso, puntos de datos circulares y romboides) y uno para columnas de sección transversal semicircular (puntos de datos triangulares) puede verse en la figura 18 que un relleno estructurado B con un ángulo de ondulación de 60° (comparado a 45° para el relleno A de la técnica anterior) inesperadamente no muestra un incremento significativo en HETP para la columna de sección transversal semicircular en comparación con la columna de sección transversal circular (compárese con la figura 6). De hecho, los datos para la columna semicircular en general se sitúan entre los dos conjuntos de puntos de datos para la columna de sección transversal circular. Como para la figura 16, el HETP para todos los conjuntos de datos comienza a aumentar rápidamente al aumento de K_V a un valor similar, así de nuevo se puede deducir que la capacidad operativa para el relleno es similar para ambos tipos de columna usados. La figura 19 muestra, de manera similar a la figura 17 que la caída de presión del relleno y el punto de carga del relleno es similar en ambos tipos de columna usados.

Una comparación global del rendimiento de los dos rellenos en los dos tipos de columna se presenta en la Tabla 1 en términos de HETP relativa y capacidad de operación relativa. Las HETP relativas son representativas de los HETP a lo largo de las partes más planas de las curvas en las figuras 16 y 18 antes del aumento en HETP a mayores K_V . Capacidades de operación relativas son evaluadas en la K_V a la que los HETP comienzan a converger.

Tabla 1

	Angulo de ondulación (°)	HETP Relativa (semicircular/circular)	Capacidad de operación relativa (semicircular/circular)
Relleno A	45	1,3-1,5	1,0
Relleno B	60	1,0	1,0

5 Así puede verse que la capacidad operativa del relleno A es similar en ambas columnas de sección transversal semicircular y circular. La capacidad operativa del relleno B es también similar en ambas columnas de sección transversal semicircular y circular, aunque mayor que la del relleno A. EL mayor ángulo de ondulación del relleno estructurado B también proporciona una eficiencia de separación similar en ambas columnas de sección transversal circular y semicircular, mientras que el relleno A pierde eficiencia de separación en la columna de sección transversal semicircular. Por tanto, el uso del relleno B en columnas semicirculares permite el uso de una columna de menor altura de lo que de otro modo podría esperarse si la HETP relativa fuera la misma que la del relleno A, y por ello el uso del relleno B proporciona un cambio de altura de coste más efectivo frente a la capacidad operativa que el uso del relleno A.

10
15
20 Mientras la invención se ha descrito con referencia a una realización preferida se apreciará que son posibles diversas modificaciones dentro del alcance de la invención.

25 En esta memoria descriptiva, a menos que expresamente se indique otra cosa, la palabra "o" se utiliza en el sentido de un operador que devuelve un valor verdadero cuando cualquiera o ambas de las condiciones establecidas se cumplen, en oposición al operador "o exclusivo" que requiere que solo una de las condiciones se cumpla. La expresión "que comprende" se usa en el sentido de "que incluye" en lugar de significar "que consiste de".

REIVINDICACIONES

- 5 1. La utilización en un proceso de separación criogénico de relleno estructurado que tiene un ángulo de ondulación de al menos 50° en una columna o división de columna que tiene al menos un par de paredes o porciones de pared convergentes dentro de al menos un región de la columna o la división de columna delimitada por al menos un par de paredes o porciones de pared convergentes.
- 10 2. Un aparato para un proceso de separación criogénico que comprende una columna o división de columna que tiene al menos un par de paredes o porciones de pared convergentes y, dentro de al menos una región de la columna o división de columna delimitada por al menos un par de paredes o porciones de pared convergentes, un relleno estructurado que tiene un ángulo de ondulación de al menos 50°.
- 15 3. Un método de separación criogénica, que comprende el suministro de uno o más fluidos a una columna o división de columna que tiene al menos un par de paredes o porciones de pared convergentes y que, dentro de al menos una región de la columna o división de columna delimitada por al menos un par de paredes o porciones de pared convergentes, contiene un relleno estructurado que tiene un ángulo de ondulación de al menos 50° tal, que uno o más fluidos contactan con el relleno estructurado para efectuar la separación criogénica.
- 20 4. Un método de instalación de relleno estructurado dentro de un aparato para un proceso de separación criogénica, cuyo aparato comprende una columna o una división de columna que tiene al menos un par de paredes o porciones de pared convergentes, que comprenden los pasos de:
- 25 proveer un relleno estructurado que tiene un ángulo de ondulación de al menos 50°, e
 instalar dicho relleno estructurado dentro de al menos una región de la columna o la división de columna delimitada por al menos un par de paredes o porciones de pared convergentes.
- 30 5. La utilización, aparato o método según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde el ángulo de ondulación del relleno estructurado es desde 55° a 65°.
- 35 6. La utilización, aparato o método según la reivindicación 5, en donde el ángulo de ondulación del relleno estructurado es desde 60°.
7. La utilización, aparato o método según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde al menos un par de paredes o porciones de pared convergentes convergen en dirección a un ángulo interior menor que o igual a 120°.
- 40 8. La utilización, aparato o método según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el cual la sección transversal de la columna o la sección transversal de la división de columna comprende al menos una esquina o ángulo.
- 45 9. La utilización, aparato o método según la reivindicación 8, en donde al menos una esquina o ángulo es un ángulo interno menor o igual a 120°.
- 50 10. La utilización, aparato o método según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el cual la columna o división de columna es una división de columna formada en el interior de una columna que tiene una sección transversal circular proporcionando al menos una pared divisoria dentro de la columna que divide la sección transversal de la columna en al menos dos divisiones de tal modo que la pared divisoria converge con la pared de la columna para formar al menos un ángulo.
- 55 11. La utilización, aparato o método según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde la dimensión de la columna es mayor de 0,5 m de diámetro, donde la columna es de sección transversal circular, o mayor que el área en sección transversal equivalente cuando la sección transversal es de otra forma.
12. La utilización, aparato o método según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el cual el proceso de separación criogénica es un proceso de separación de aire en corrientes enriquecidas en nitrógeno, oxígeno y argón.
- 60 13. La utilización, aparato o método según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde el relleno estructurado tiene una densidad superficial de desde 350 hasta 800m²/m³.

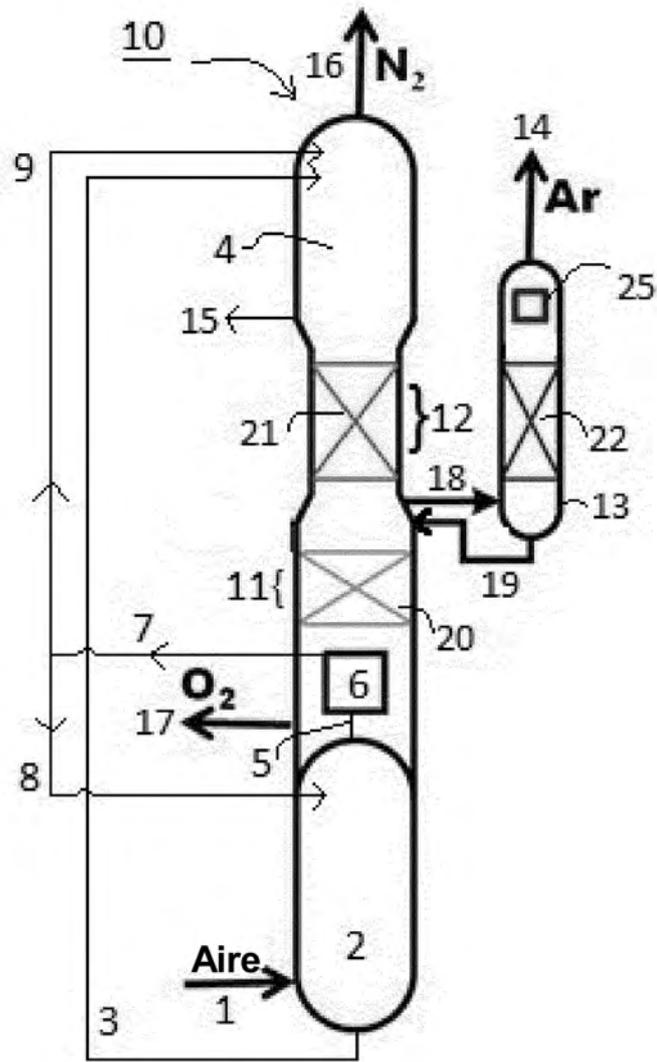


FIG. 1

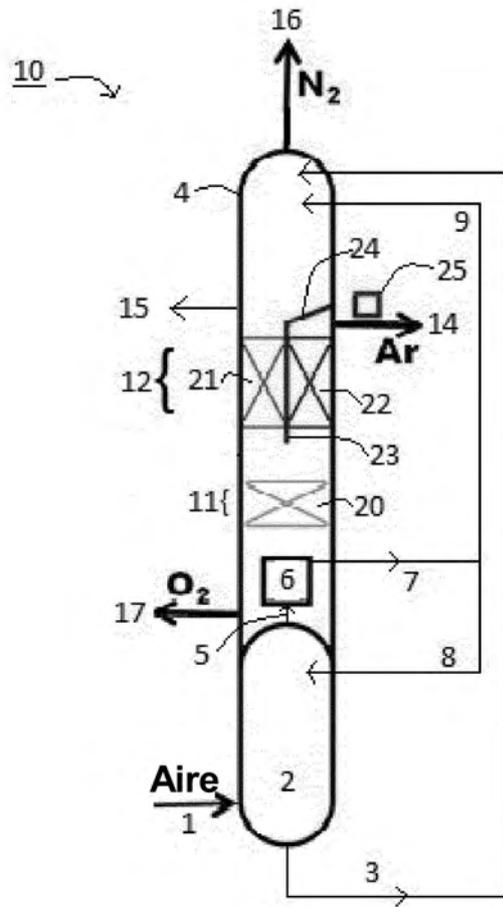


FIG. 2

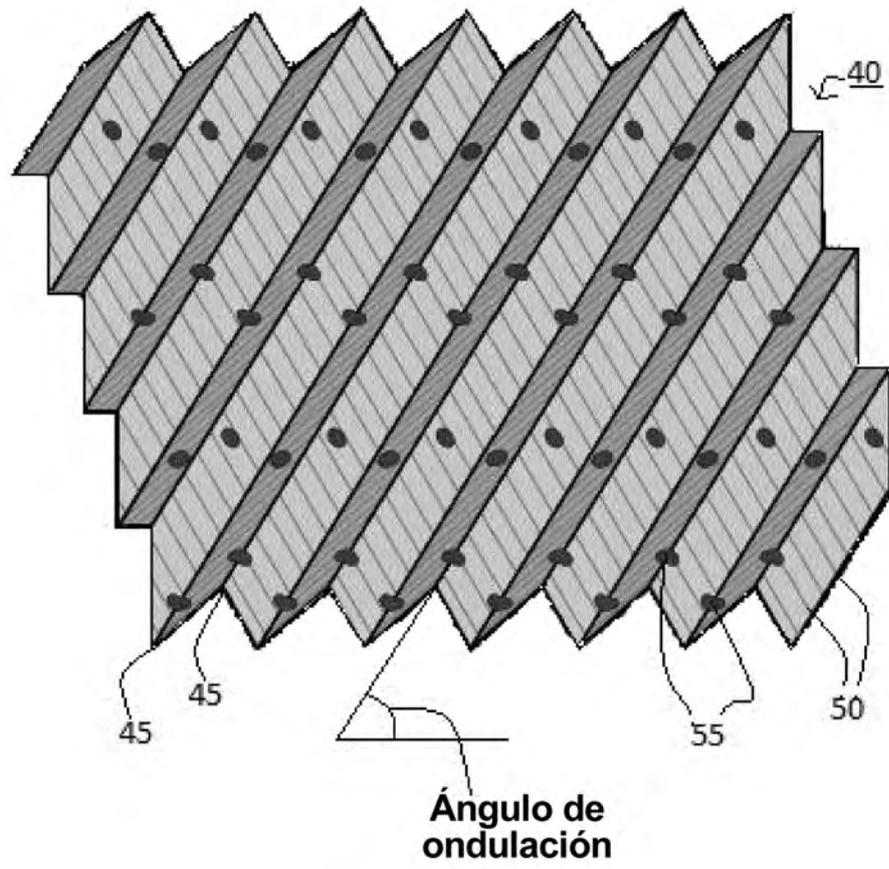


FIG. 3

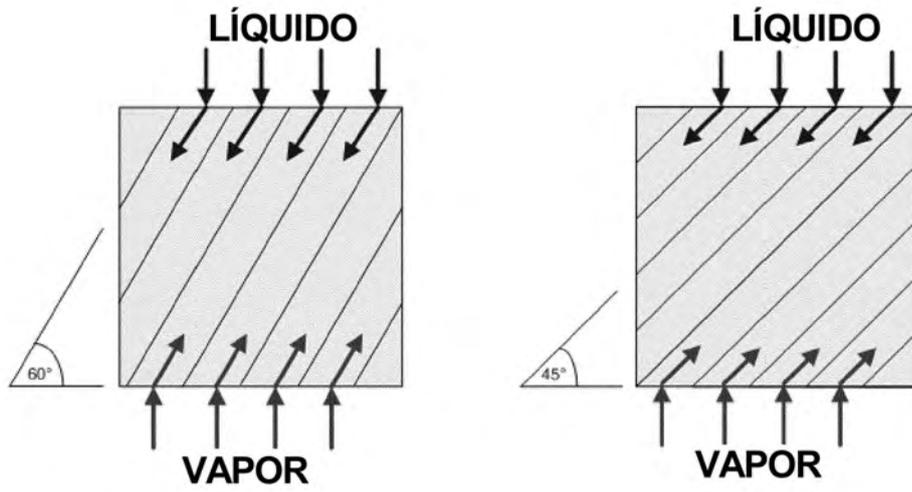


FIG. 4

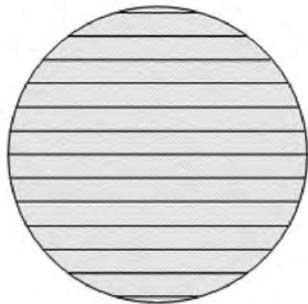


FIG. 5a

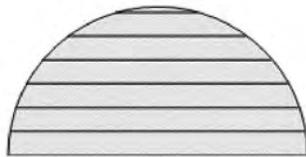


FIG. 5b

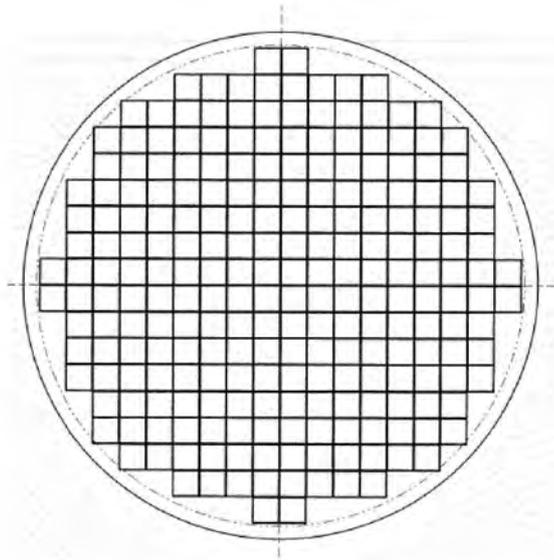


FIG. 6

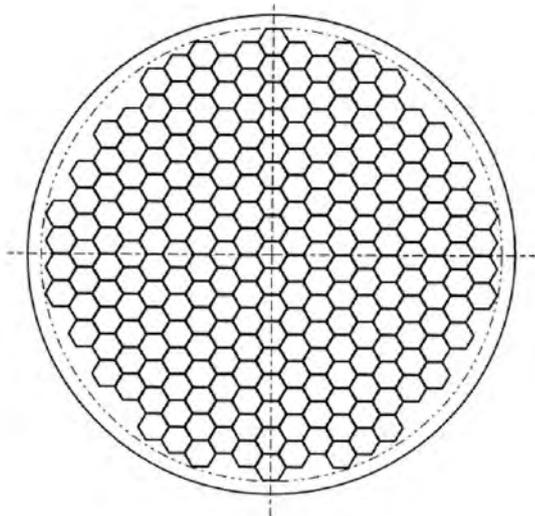


FIG. 7

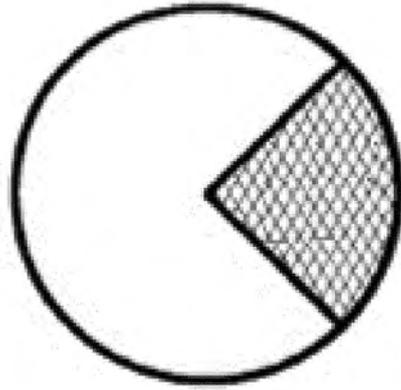


FIG. 8

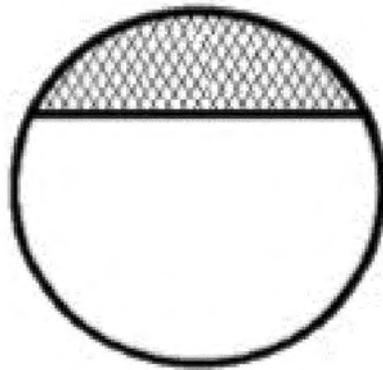


FIG. 9

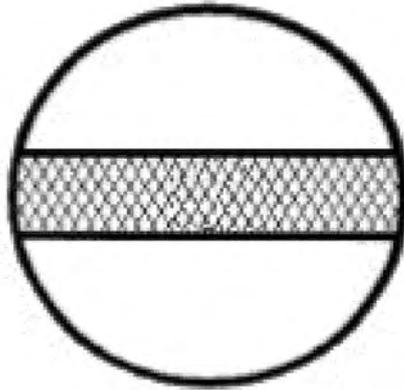


FIG. 10

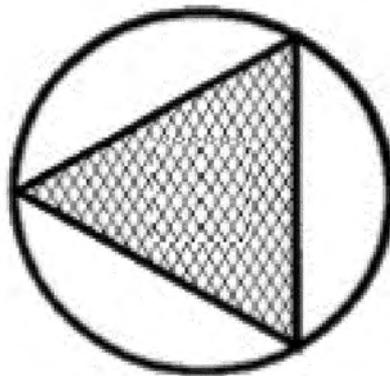


FIG. 11

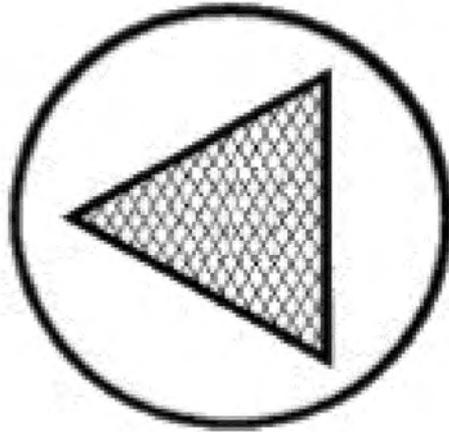


FIG. 12

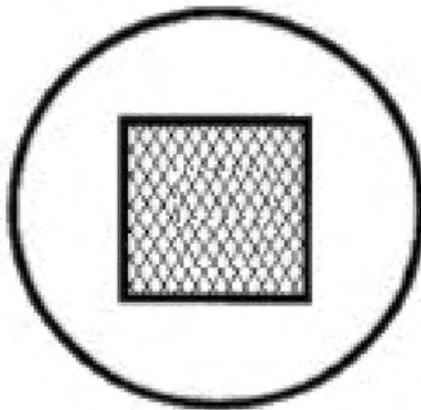


FIG. 13

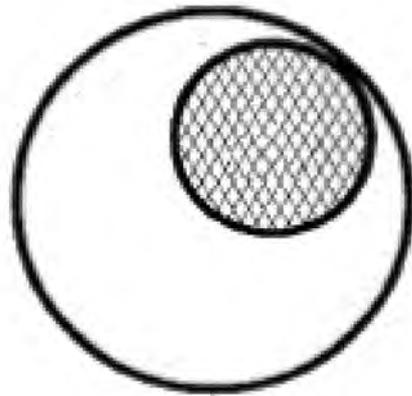


FIG. 14

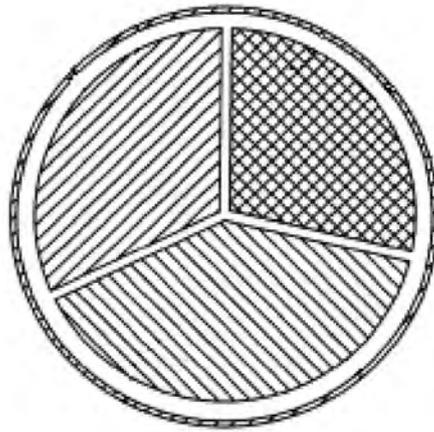


FIG. 15

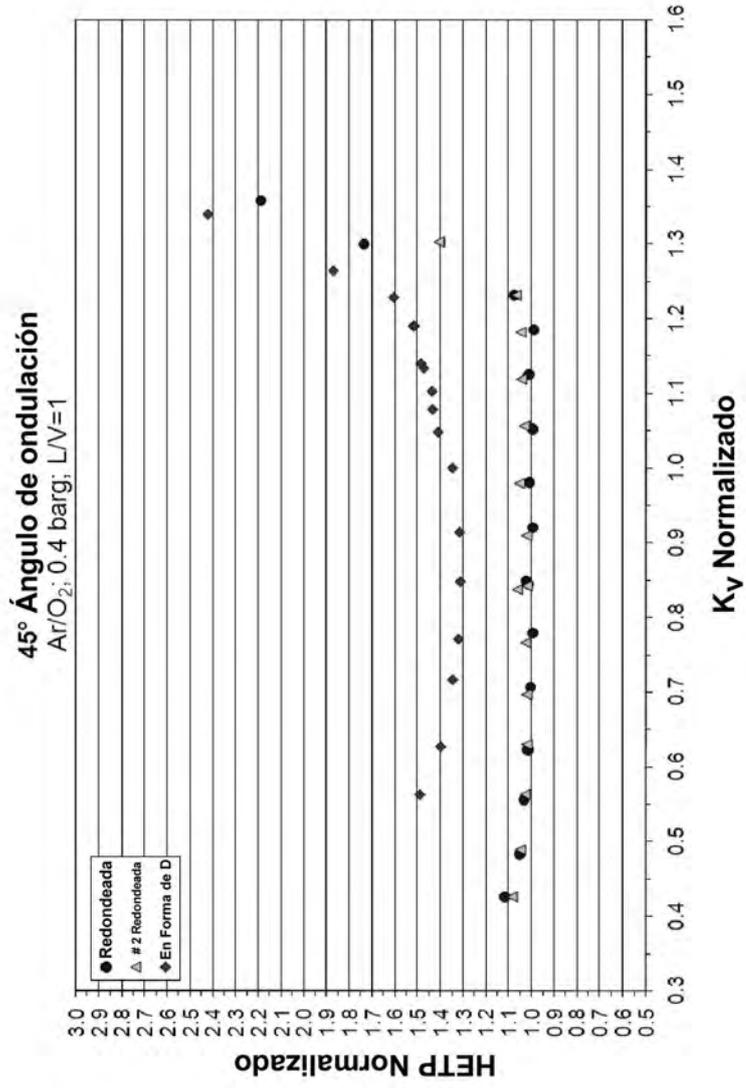


FIG.16

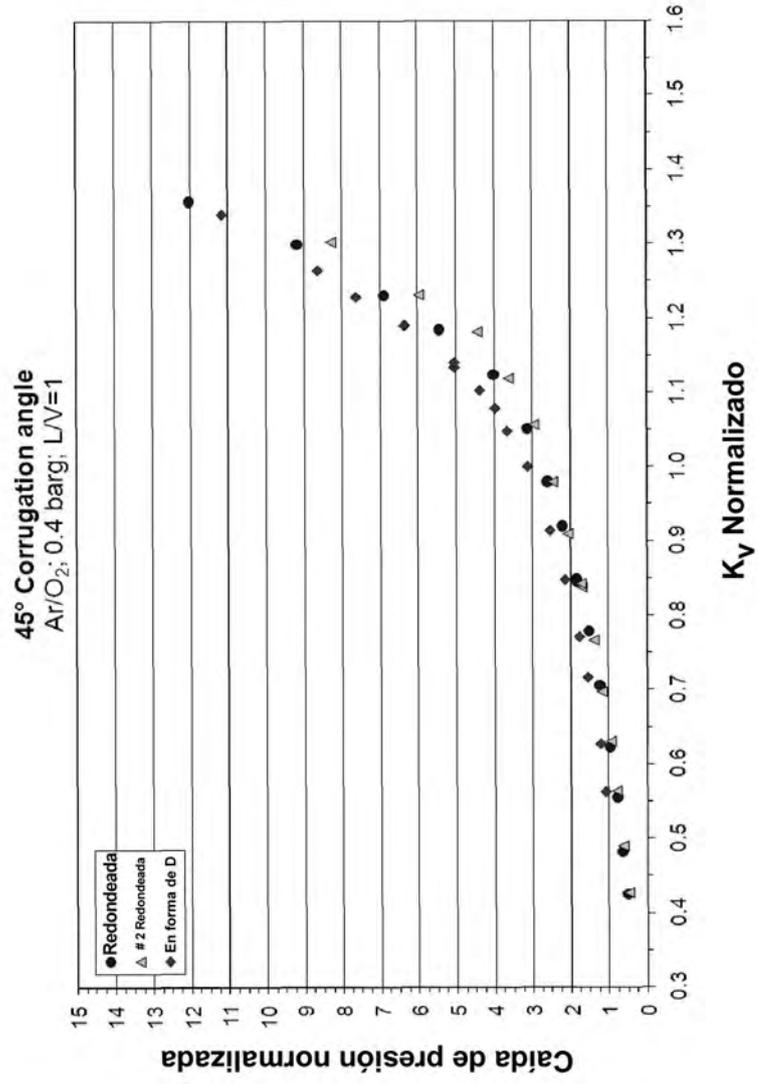


FIG. 17

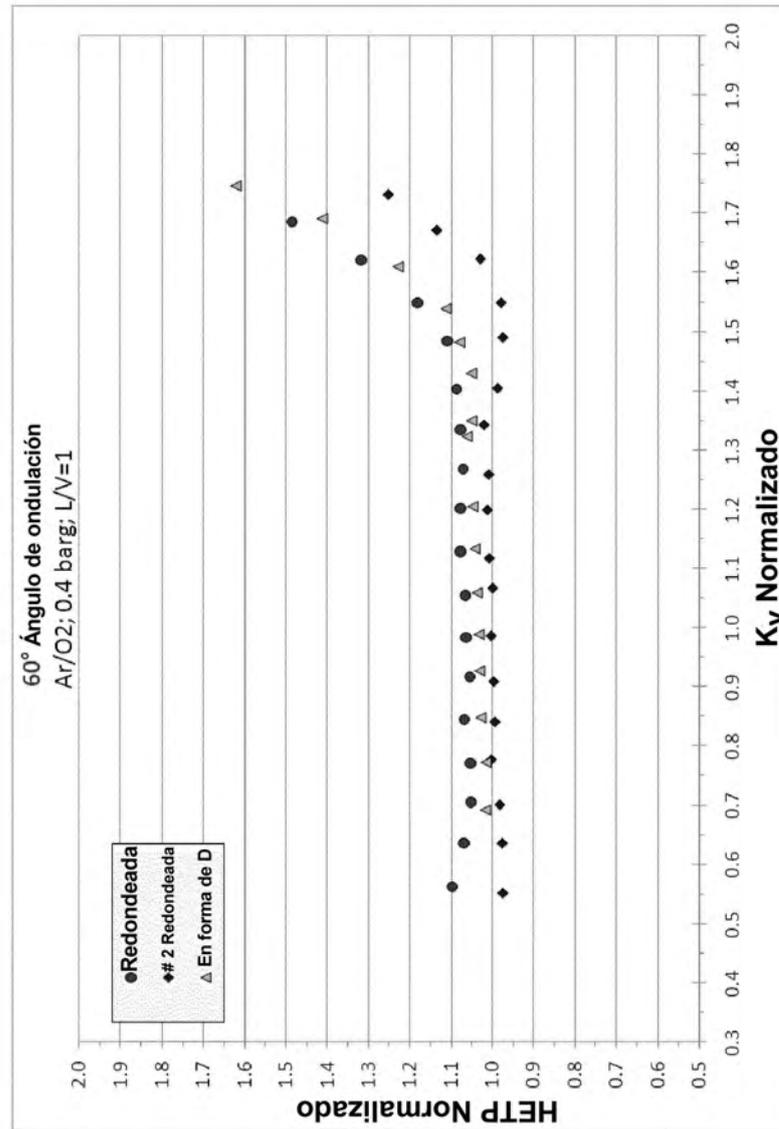


FIG. 18

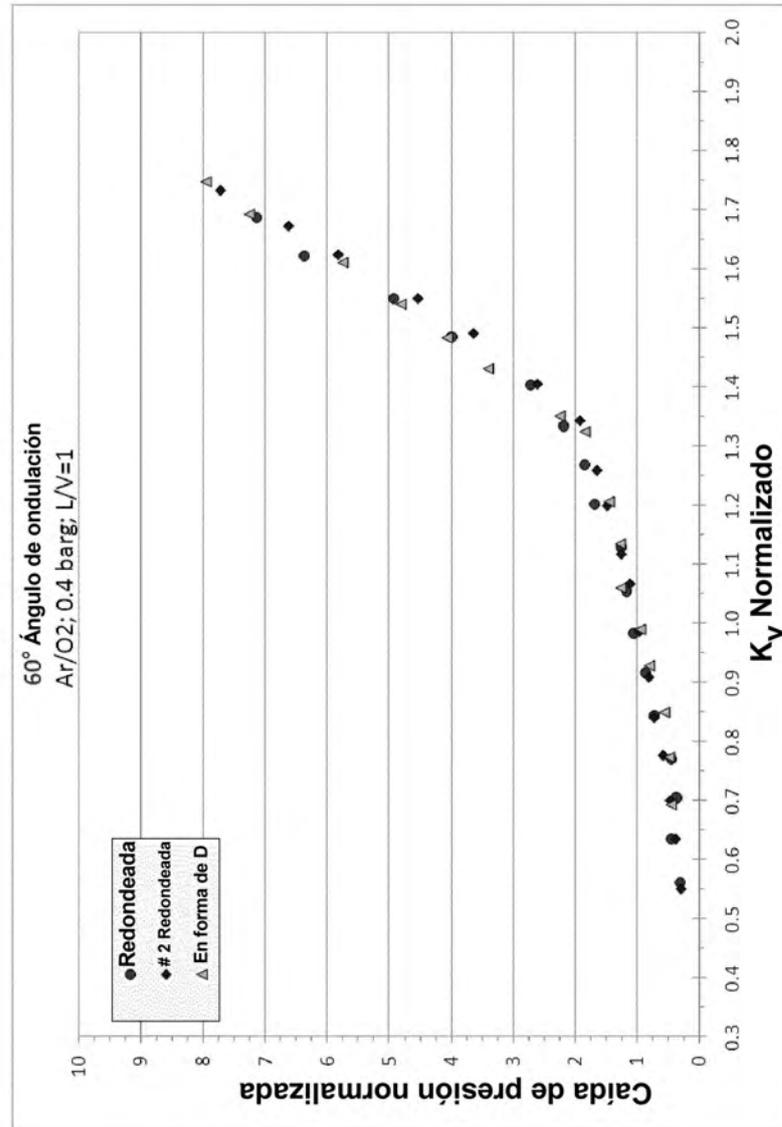


FIG. 19