

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 635 420**

51 Int. Cl.:

**B04C 5/107** (2006.01)

**B04C 5/081** (2006.01)

**B04C 5/103** (2006.01)

**D21D 5/24** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **03.05.2012 PCT/SE2012/050453**

87 Fecha y número de publicación internacional: **08.11.2012 WO12150901**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.05.2012 E 12779482 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.07.2017 EP 2704842**

54 Título: **Elemento de desviación de flujo para hidrociclón**

30 Prioridad:

**05.05.2011 SE 1150397**

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

**03.10.2017**

73 Titular/es:

**GL&V LUXEMBOURG S.A.R.L. (100.0%)  
6C, Rue Gabriel Lippmann  
5365 Munsbach , LU**

72 Inventor/es:

**BACKMAN, JAN;  
KUCHER, VALENTINA y  
TIDBECK, BJÖRN**

74 Agente/Representante:

**UNGRÍA LÓPEZ, Javier**

ES 2 635 420 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**

Elemento de desviación de flujo para hidrociclón

**5 Campo técnico**

La presente invención se refiere a un hidrociclón con un medio de desviación de flujo para crear una turbulencia controlada y evitar la remezcla de partículas pesadas separadas en una corriente de aceptación de fibras de aceptación ligeras. Con más detalle, un hidrociclón para separar una mezcla líquida en una fracción pesada y una fracción ligera, incluyendo un alojamiento que forma una cámara de separación alargada que tiene una pared circunferencial, un extremo de base y un extremo de vértice. El alojamiento tiene al menos un elemento de entrada para suministrar una mezcla líquida en la cámara de separación donde al menos uno de los elementos de entrada está colocado en el extremo de base, al menos un primer elemento de salida para descargar la fracción ligera separada de la cámara de separación en el extremo de base, y un segundo elemento de salida para descargar la fracción pesada separada de la cámara de separación en el extremo de vértice.

También se facilita un medio para suministrar la mezcla líquida a la cámara de separación mediante al menos un elemento de entrada, de modo que durante la operación se genera una corriente de líquido como un torbellino helicoidal alrededor de un eje central en la cámara de separación, extendiéndose dicho torbellino helicoidal desde el extremo de base al extremo de vértice. Al menos un medio de desviación de flujo para crear turbulencia controlada y evitar la remezcla de partículas pesadas separadas en una corriente de aceptación de fibras de aceptación ligeras está dispuesto en la pared circunferencial lisa al menos sobre una porción de la cámara de separación, que incluye al menos un elemento en el recorrido de la corriente de líquido en la pared circunferencial, que representa una disminución del radio de la cámara de separación, seguido de un aumento del radio de la cámara de separación, donde el al menos único elemento incluye una porción curva redondeada, una porción de soporte y una porción de reborde.

**Antecedentes de la invención**

En las industrias de pasta y papel se usan ampliamente hidrociclones para limpiar suspensiones de fibra de partículas indeseadas y contaminantes, muy comúnmente partículas pesadas. Así, la suspensión de fibra se separa en una fracción pesada conteniendo dichas partículas pesadas indeseadas y una fracción ligera que contiene fibras.

En la definición de partículas pesadas indeseadas, éstas incluyen partículas que tienen mayor densidad en comparación con las fibras aceptadas, tales como arena, grava, metal, copos de recubrimiento y plásticos de alta densidad. Pero las partículas indeseadas también podrían ser partículas orgánicas originadas a partir de fuentes de madera, por ejemplo, varias partículas de corteza, astillas, trozos, partículas de resina, recipientes y fibras bastas de pared gruesa. Éstas últimas podrían tener igual densidad que las fibras aceptadas, pero se separan debido a su superficie inferior específica.

Una planta de hidrociclón típica para esta finalidad tiene hidrociclones dispuestos en etapas de realimentación en cascada.

Con el fin de mantener bajo el número de etapas de realimentación es importante separar con la mayor selectividad posible dentro de cada hidrociclón, es decir, minimizar la porción de fibra separada y descargada a través de una salida de fracción pesada de cada hidrociclón, sin reducir la parte de partículas indeseadas. También es importante reducir la concentración de fibra en la salida de fracción pesada con el fin de evitar una obstrucción de la salida de fracción pesada en el vértice y obtener condiciones operativas seguras. Una superficie interior lisa del hidrociclón puede usarse para obtener una buena eliminación de la suciedad, dado que esto permite a las partículas migrar a la pared del hidrociclón con la turbulencia perturbadora más moderada posible. Sin embargo, esto aumentará al mismo tiempo la cantidad de fibras rechazadas que se fijan a la pared del hidrociclón. Así el factor de espesamiento  $T_f$ ,

$$T_f = R_m / R_v$$

donde  $R_m$  es la parte de rechazo por masa (relación de fibras) y  $R_v$  es la parte de rechazo por volumen (relación del flujo) extraídas en la salida de fracción pesada, es grande para hidrociclones con superficies interiores lisas. Un  $T_f$  alto no es deseable dado que incrementa en gran medida el riesgo de problemas operativos incluyendo fibras que bloquean la salida de rechazo, elevadas pérdidas de fibra hacia la salida de rechazo, consistencias de fibra localmente más elevadas que dan lugar a redes o copos de fibra que atrapan las partículas pesadas que han de separarse. Un  $T_f$  alto también dará lugar a costos más elevados debido a las pérdidas de rechazo de fibra o alternativamente, en un intento para resolver el problema, debido a mayores costos de energía e inversión usando hidrociclones acoplados en cascada para recuperación de fibra. En consecuencia, una finalidad es minimizar el factor de espesamiento  $T_f$ .

Con el fin de minimizar el factor de espesamiento de un hidrociclón, puede disponerse en la cámara de separación un medio para crear turbulencia. Tales ejemplos se describen, por ejemplo, en EP 615469B1. Tal medio para crear

turbulencia puede ser un escalón donde el radio de la pared interior de la cámara de separación se incrementa de repente, lo que provoca un flujo turbulento que expande las agrupaciones de fibras y libera las partículas indeseadas de la red de fibra que a menudo se forman cerca de la pared de la cámara de separación. Los escalones son paralelos al eje central del hidrociclón.

5 Sin embargo, se necesita un equilibrio de modo que la creación de un flujo turbulento que expanda las agrupaciones de fibra no perturbe el torbellino helicoidal que separa las partículas indeseadas de modo que no se reduzca la eficiencia de separación del hidrociclón a causa, por ejemplo, de una porción mayor de remezcla de partículas pesadas no separadas o remezcladas de las ya separadas en el flujo de aceptación del hidrociclón de fibras de aceptación ligeras. Debido al aumento repentino del radio, en EP615469 hay un riesgo sustancial de que las partículas pesadas ya separadas se mezclen de nuevo con la fracción ligera.

15 Otro hidrociclón conocido provisto de un medio para crear turbulencia es el Celleco Cleanpac 130 fabricado y vendido por GL&V Sweden AB. Tiene un recorrido helicoidal en la pared circunferencial de la cámara de separación, a lo largo de una porción de la cámara de separación, en la misma dirección que un torbellino helicoidal de la corriente de líquido cuando está en uso. El medio para crear turbulencia es similar al de EP 615469 B1, es decir, el recorrido helicoidal muestra un aumento repentino del radio de la cámara de separación, uno por revolución del recorrido helicoidal y paralelo al eje central.

20 En US4153558 se describe otro hidrociclón conocido que tiene barras de guía orientadas axialmente. Aunque estas barras de guía tienen un radio en disminución en la cámara de separación, sus amplias longitudes en una dirección axial perturban el torbellino helicoidal y disminuyen la eficiencia de separación. Adicionalmente, el hecho de que las barras de guía están orientadas axialmente y carecen de todo componente en la dirección de la corriente de líquido también evita la capacidad de que los hidrociclones transporten las partículas pesadas hacia la salida de rechazo.

25 EP 0 493 950 A2 describe un hidrociclón para separar una mezcla líquida en una fracción pesada incluyendo partículas pesadas y una fracción ligera, incluyendo un alojamiento que forma una cámara de separación alargada que tiene una pared circunferencial, un extremo de base, un extremo de vértice, al menos un elemento de entrada para suministrar una mezcla líquida a la cámara de separación, estando situado al menos uno del elemento o elementos de entrada en el extremo de base, un primer elemento de salida para descargar fracción ligera separada de la cámara de separación en el extremo de base, un segundo elemento de salida para descargar la fracción pesada separada de la cámara de separación en el extremo de vértice, un medio para suministrar la mezcla líquida a la cámara de separación mediante al menos un elemento de entrada, de modo que durante la operación se genera una corriente de líquido como un torbellino helicoidal alrededor de un eje central en la cámara de separación, extendiéndose dicho torbellino helicoidal desde el extremo de base hasta el extremo de vértice. En el extremo de vértice se dispone una chapa que tiene una abertura. Encima de la chapa se dispone un inserto que tiene una pared interior inclinada. La configuración de la pared es una simulación de una parábola tridimensional que termina en su parte inferior en la abertura.

40 Un objeto de la presente invención es mitigar las desventajas de la técnica anterior y proporcionar un hidrociclón mejorado para separar una mezcla líquida en una fracción pesada incluyendo partículas pesadas, y una fracción ligera.

45 Según una realización de la invención, el hidrociclón incluye un alojamiento que forma una cámara de separación alargada que tiene una pared circunferencial, un extremo de base, un extremo de vértice, al menos un elemento de entrada para suministrar una mezcla líquida a la cámara de separación, estando colocado al menos uno de los elementos de entrada en el extremo de base, un primer elemento de salida para descargar la fracción ligera separada de la cámara de separación en el extremo de base, un segundo elemento de salida para descargar la fracción pesada separada de la cámara de separación en el extremo de vértice, un medio para suministrar la mezcla líquida a la cámara de separación mediante al menos un elemento de entrada, de modo que durante la operación se genere una corriente de líquido como un torbellino helicoidal alrededor de un eje central en la cámara de separación, extendiéndose dicho torbellino helicoidal desde el extremo de base hasta el extremo de vértice, y un primer medio de desviación de flujo dispuesto en la pared circunferencial que incluye al menos un elemento en el recorrido de la corriente de líquido que muestra una disminución del radio de la cámara de separación, seguido de un aumento del radio de la cámara de separación, donde al menos un elemento incluye una porción curva redondeada para transportar las partículas pesadas.

60 Según una realización, la porción curva redondeada se define por un radio  $r$ , correspondiente al radio de la curva redondeada en un punto específico a lo largo de la porción curva redondeada, donde el radio  $r$  está preferiblemente en el intervalo de  $0,1 D_0 < r < D_0$  donde  $D_0$  es el diámetro del alojamiento de hidrociclón en la posición donde está dispuesto el medio de desviación de flujo.

Según una realización, la porción curva redondeada está conectada a una porción de soporte que se extiende esencialmente en la dirección del recorrido de la corriente de líquido.

65

Según una realización, la porción curva redondeada está definida por un ángulo  $\mu$ , correspondiente al ángulo entre los radios definidos en el punto de inicio de la curva redondeada en el extremo de la porción de soporte y el punto de terminación de la porción curva redondeada al inicio de la porción de reborde, donde el ángulo  $\mu$  está en el intervalo de  $0^\circ < \mu < 120^\circ$ , preferiblemente en el intervalo de  $15^\circ < \mu < 120^\circ$ , más preferiblemente en el intervalo de  $30^\circ < \mu < 90^\circ$ .

5 Según una realización, la porción curva redondeada está conectada a una porción de reborde que se extiende esencialmente en una dirección hacia el extremo de vértice del hidrociclón.

10 Según una realización, un ángulo  $\alpha$  entre la tangente del extremo de la porción de soporte y un plano normal al eje central está en el intervalo de  $-15^\circ < \alpha < 80^\circ$ .

Según una realización, un ángulo  $\beta$  entre la tangente del extremo de la porción de reborde y un plano que se extiende a través del eje central está en el intervalo de  $-15^\circ < \beta < 60^\circ$ .

15 Según una realización, el primer medio de desviación de flujo incluye una pluralidad de elementos dispuestos al mismo nivel en el alojamiento y conectados por una porción superficial lisa de la pared circunferencial.

Según una realización, cada elemento tiene una longitud de extensión a lo largo de la pared circunferencial que es menos que 1/4 de la circunferencia total de la pared circunferencial medida en la posición axial del elemento.

20 Según una realización, el primer medio de desviación de flujo está dispuesto en el extremo de vértice.

25 Según una realización, un segundo medio de desviación de flujo está dispuesto a una distancia  $L_1$  del primer medio medida a lo largo del eje central, donde la distancia  $L_1$  está en el intervalo de  $0,8D_1 < L_1 < 4D_1$ , donde  $D_1$  es el diámetro del alojamiento de hidrociclón en la posición donde está dispuesto el segundo medio para desviación de flujo.

30 Según una realización, la porción de reborde tiene una curvatura correspondiente a un radio  $R$  de un círculo, donde el radio  $R$  es preferiblemente mayor que  $r$ .

Según una realización, la porción de reborde está definida por tres radios  $R_1$ - $R_3$  según se ve desde una dirección axial, donde  $R_1 < D/2$ , donde  $D$  es el diámetro del alojamiento de hidrociclón 2 en la posición donde está dispuesto el medio de desviación de flujo, y  $R_2 < R_1$  y  $R_3 < R_2$ .

35 Según una realización, la porción de reborde está definida por un radio  $R_1$  según se ve desde una dirección axial, donde  $R_1 < D/2$ , donde  $D$  es el diámetro del alojamiento de hidrociclón en la posición donde está dispuesto el medio de desviación de flujo, donde un borde interconecta el radio  $R_1$  con una porción esencialmente plana que está conectada a la pared circunferencial, y donde un ángulo  $\Omega$  se define como la dirección de extensión de la porción a una línea radial imaginaria que se extiende desde el centro del alojamiento a través del borde, donde  $\Omega$  está preferiblemente en el intervalo  $-45^\circ < \Omega < 45^\circ$ .

### Breve descripción de los dibujos

A continuación, se describe la invención, a modo de ejemplo, con referencia a los dibujos acompañantes, en los que:

45 La figura 1 representa una vista en sección de un hidrociclón según una realización.

La figura 2 muestra características funcionales en una realización de la invención.

50 La figura 3a representa una vista en sección de un hidrociclón según una realización incluyendo una pluralidad de elementos.

La figura 3b es una vista en sección transversal tomada en la línea A-A de la figura 3a.

55 La figura 3c representa una vista en sección de un hidrociclón según una realización incluyendo una pluralidad de elementos dispuestos de forma alterna en el alojamiento.

La figura 4a representa una vista en sección de un hidrociclón según una realización donde al menos un elemento está dispuesto en el extremo de vértice.

60 La figura 4b es una vista en sección transversal tomada en la línea B-B de la figura 4a.

La figura 5 es una vista en sección de un hidrociclón según una realización incluyendo varios medios de desviación de flujo con zonas de sedimentación entremedias.

65

La figura 6 es una vista en sección de un hidrociclón según una realización donde varios elementos arbitrarios están dispuestos en el extremo de vértice.

5 Las figuras 7a-c muestran varios ángulos de entrada y liberación  $\alpha$  y  $\beta$  de un elemento en un hidrociclón según la invención.

La figura 8a representa una vista en sección de un hidrociclón según una realización que tiene un elemento con una porción curvada de reborde.

10 La figura 8b es una vista en sección transversal tomada en la línea C-C de la figura 8a.

La figura 8c es otra realización tomada desde la misma línea C-C de la figura 8a.

### Descripción de realizaciones

15 A continuación, se presenta una descripción detallada de la invención.

20 La figura 1 representa un hidrociclón 1 para separar una mezcla líquida en una fracción pesada y una fracción ligera en una vista en sección a lo largo de un eje central 12. El hidrociclón 1 incluye un alojamiento 2 que forma una cámara de separación alargada 3 que tiene una pared circunferencial lisa 4. Además, como se representa en la figura 1, el alojamiento 2 puede constar de una porción con forma cilíndrica 2a, y una porción cónica 2b. El hidrociclón 1 tiene un extremo de base 5 donde está dispuesto un elemento de entrada 7 mediante el que una mezcla líquida a separar se suministrará preferiblemente de modo tangencial a la cámara de separación 3 por un medio 10 para esta finalidad, tal como una bomba, con el fin de generar una corriente de líquido en forma de un torbellino helicoidal 11 alrededor del eje central 12. Si se desea, pueden disponerse varios elementos de entrada, por ejemplo, uno dispuesto aproximadamente en la mitad de la longitud del hidrociclón 1 (no representado).

30 El hidrociclón 1 incluye un extremo de vértice 6 enfrente del extremo de base 5. Se disponen al menos dos elementos de salida diferentes. En una realización de la presente invención, véase la figura 1, se dispone un primer elemento de salida 8 para descargar la fracción ligera separada de la cámara de separación 3 en el extremo de base 5 y se dispone un segundo elemento de salida 9 para descargar la fracción pesada separada de la cámara de separación 3 en el extremo de vértice 6. El torbellino helicoidal 11 se extiende desde el extremo de base 5 hacia el extremo de vértice 6.

35 En el hidrociclón 1 de la invención hay al menos un medio de desviación de flujo, que incluye al menos un elemento 14 en el recorrido 13 del torbellino helicoidal de la corriente de líquido 11 en la pared circunferencial lisa 4, que muestra una disminución del radio de la cámara de separación 3, seguido de un aumento del radio de la cámara de separación 3. El al menos único elemento 14, puede incluir además una porción curva redondeada 14a, una porción de soporte 14b y una porción de reborde 14c. La porción curva redondeada 14a está definida preferiblemente por  $r$ , correspondiente al radio de la curva redondeada en un punto específico a lo largo de la porción curva redondeada 14a, y el ángulo  $\mu$ , correspondiente al ángulo entre los radios definidos en el punto de inicio de la curva redondeada en el extremo de la porción de soporte 14b y el punto de terminación de la porción curva redondeada al inicio de la porción de reborde 14c, como puede verse mejor en la figura 7a. El radio  $r$  está preferiblemente en el intervalo de  $0,1 D_0 < r < D_0$ , pero más preferiblemente en el intervalo de  $0,12 D_0 < r < 0,5 D_0$ , donde  $D_0$  es el diámetro del alojamiento del hidrociclón en la posición donde está dispuesto el medio de desviación de flujo. El radio  $r$  puede tener valores constantes a lo largo de la porción curva redondeada 14a. El radio  $r$  puede también no ser constante a lo largo de la porción curva redondeada, correspondiendo así a una función continua de la posición a lo largo de la porción curva redondeada 14a. El ángulo  $\mu$  está en el intervalo de  $0^\circ < \mu < 120^\circ$ , preferiblemente en el intervalo de  $15^\circ < \mu < 120^\circ$ , más preferiblemente en el intervalo de  $30^\circ < \mu < 90^\circ$ . Como se representa en la figura 1, la porción curva redondeada 14b está conectada suavemente a la porción de soporte 14b, que se extiende esencialmente en la dirección del recorrido 13 de la corriente de líquido, es decir, el torbellino helicoidal 11, en un extremo, y conectada suavemente a la porción de reborde 14c que se extiende esencialmente en una dirección hacia el extremo de vértice 6, en el otro extremo. El medio de desviación de flujo puede disponerse a cualquier nivel, es decir, distancia desde el extremo de vértice 6, en la pared circunferencial lisa 4 a lo largo del eje central 12 del hidrociclón 1, incluyendo la porción cilíndrica 2a y la porción cónica 2b del alojamiento de hidrociclón 2. Preferiblemente, el medio de desviación de flujo está dispuesto al inicio de la porción cónica 2b del alojamiento de hidrociclón 2. Esta posición corresponde esencialmente a una posición media del hidrociclón, es decir, la distancia desde el medio de desviación de flujo al elemento de entrada 7 y al extremo de vértice 6 son esencialmente iguales.

60 Cuando el torbellino helicoidal 11 fluya a lo largo de la pared circunferencial 4 de la cámara de separación 3 alcanzará el elemento inclinado 14, y se forma un torbellino secundario 15 debido a una caída de presión que tiene lugar detrás del elemento 14, véase la figura 2. El torbellino secundario 15 tiene un componente de flujo radialmente hacia fuera y un componente de flujo hacia el extremo de vértice 6 que transporta las partículas relativamente más pesadas 25 en la pared circunferencial 4 de la cámara de separación 3 radialmente hacia fuera y hacia la salida de fracción pesada 9 en el extremo de vértice 6. Se genera un tercer torbellino (no representado) a lo largo de la porción curva redondeada; cuando el flujo pase por el elemento inclinado 14, el tercer torbellino se moverá en espiral

hacia abajo en una dirección axial hacia el extremo de vértice 6 y transportará más lejos las partículas relativamente más pesadas 25 en esta dirección.

Las partículas pesadas rechazadas 25, más próximas a la pared circunferencial 4, caerán sobre la porción de soporte 14b, y, debido a la porción curva redondeada, las partículas pesadas percibirán la fuerza de arrastre de succión del componente axial del torbellino secundario 15. Este arrastre de succión transportará las partículas pesadas rechazadas a lo largo de la porción de soporte 14b, a lo largo de la porción curvada 14a y a lo largo de la porción de reborde 14c. Dado que el torbellino helicoidal 11 se mueve en espiral hacia abajo y fluye sobre la porción de reborde 14c y por lo tanto sobre un radio decreciente de la pared circunferencial, se logran dos resultados positivos. En primer lugar, la conservación del momento angular implicará un aumento de la velocidad de flujo que inducirá una turbulencia controlada que minimiza las pérdidas de fibra y manipula la elongación de las fibras de modo que los aglomerados de fibras/partículas se rompen y liberan partículas previamente unidas a las fibras. En segundo lugar, se evita la remezcla de las partículas pesadas ya separadas debido a que la corriente del torbellino helicoidal 11 se desvía alejándose de las partículas, incrementando así la eficiencia de separación.

Según otra realización preferida de la invención representada en la figura 3a, una pluralidad de elementos 14, idénticos o con formas variadas están dispuestos en uno e idéntico nivel en una dirección axial del eje central 12, por ejemplo, teniendo la misma distancia al extremo de vértice 6. Las figuras 3a-3b representan una realización con tres elementos 14, aunque la figura 3b sólo representa explícitamente el tercer elemento 14. Son posibles otras realizaciones incluyendo tanto más como menos elementos 14. Los elementos 14 no están dispuestos en conexión directa entre ellos, sino que los conecta una porción superficial lisa 16 de la pared circunferencial 4 entre los elementos 14. La superficie lisa entre los elementos funcionará como una zona de sedimentación para el tercer torbellino que limitará aún más la perturbación, es decir, el impacto negativo, que un elemento posterior dispuesto directamente tendría en la forma del tercer torbellino, y por ello su capacidad para transportar partículas más pesadas hacia el extremo de vértice 6. Además, en la figura 2 puede apreciarse que los elementos 14 son de dimensiones relativamente pequeñas y, con el fin de limitar la consecuencia negativa en la eficiencia de separación, estos elementos 14 deberían tener una longitud de extensión a lo largo de la pared circunferencial 4 que sea inferior al % de la circunferencia total de la pared circunferencial 4 medida en la posición axial del elemento 14 a lo largo del eje central 12. Según se ve en la figura 3c, según otra realización, la pluralidad de elementos puede disponerse esencialmente en uno e idéntico nivel en una dirección axial del eje central 12, pero estando dispuestos todavía los elementos en un nivel alterno en la dirección axial del eje central 12, por lo que cada segundo elemento está ligeramente más próximo al extremo de vértice por lo que todavía se solapan entre ellos en una dirección circunferencial.

Según otra realización representada en las figuras 4a-b al menos un elemento 14, pero preferiblemente varios elementos 14, están dispuestos próximos al extremo de vértice 6 del hidrociclón 1, preferiblemente en el extremo de vértice 6. Esta posición del al menos único elemento 14 aumenta la velocidad del material o la mezcla líquida debido a la conservación del momento angular y por lo tanto crean una fuerza extra de movimiento para que el material salga a través del extremo de vértice. Esto reducirá aún más el riesgo de obturación, además de reducir la cantidad de fibra rechazada.

Según otra realización, como se representa en la figura 5, un segundo medio de desviación de flujo incluyendo al menos un elemento 14 está dispuesto a una distancia L1 del primer medio de desviación de flujo incluyendo al menos un elemento 14 dispuesto próximo al extremo de vértice 6, preferiblemente en el extremo de vértice 6 en una dirección axial que se extiende entre el extremo de vértice 6 y el extremo de base 5 a lo largo del eje central 12. L1 está preferiblemente en el intervalo de  $0,8D1 < L1 < 4D1$ , donde D1 es el diámetro del alojamiento de hidrociclón 2 en la posición donde está dispuesto el segundo medio de desviación de flujo. En una realización preferida, la distancia entre dos elementos es al menos 2 veces la extensión axial del segundo elemento. Este segundo medio de desviación de flujo puede disponerse entre el primer medio de desviación de flujo y un tercer medio de desviación de flujo incluyendo al menos un elemento 14 dispuesto próximo al elemento de entrada 7 del hidrociclón 1, o al inicio de la porción cónica, y situado a una segunda distancia L2 del tercer medio de desviación de flujo medida a lo largo del eje central 12. L1 y L2 pueden ser iguales, pero preferiblemente L2 está en el intervalo de  $0,8D2 < L2 < 4D2$ , donde D2 es el diámetro del alojamiento de hidrociclón en la posición axial donde está dispuesto el tercer medio de desviación de flujo, o al menos 2 veces la extensión axial del tercer elemento. La superficie lisa de la pared circunferencial 4, a lo largo de la distancia L1 o L2, es una zona de sedimentación 18 de menos turbulencia entre el medio de desviación de flujo, con la finalidad de dar tiempo residual para que sedimenten las partículas que se han separado de las fibras sobre los elementos 14 y evitar por ello que se mezclen con la fracción ligera. Para facilitar aún más la salida de la pulpa rechazada, la altura relativa de los elementos hacia el eje central 12, en relación con el radio del alojamiento 2, es mayor para el elemento dispuesto en el extremo de vértice que para los elementos dispuestos más lejos del extremo de vértice 6.

Según otra realización, como se representa en la figura 6, varios elementos 14 de forma arbitraria están dispuestos en el extremo de vértice 6 de un hidrociclón 1, conectados por una porción de superficie lisa 16 de la pared circunferencial 4.

Las figuras 7a-c representan realizaciones adicionales de la invención, incluyendo varios ángulos de entrada  $\alpha$  y ángulos de liberación  $\beta$  del elemento 14. El ángulo de entrada  $\alpha$  se define como el ángulo entre la tangente de la porción de extremo de soporte 14b y un plano normal al eje central 12. El ángulo de liberación  $\beta$  se define como el ángulo entre la tangente del extremo de la porción de reborde y un plano que se extiende a través del eje central 12. El ángulo de entrada  $\alpha$  está preferiblemente en el intervalo de  $-15^\circ < \alpha < 80^\circ$ , más preferiblemente en el intervalo de  $0^\circ < \alpha < 45^\circ$ , y el ángulo de liberación  $\beta$  está preferiblemente en el intervalo de  $-15^\circ < \beta < 60^\circ$ , más preferiblemente en el intervalo de  $0^\circ < \alpha < 45^\circ$ . En la figura 7a, los ángulos  $\alpha$  y  $\beta$  son  $>0^\circ$ . En la figura 7b, los ángulos  $\alpha$  y  $\beta$  son  $>0^\circ$ . En la figura 7c, los ángulos  $\alpha$  y  $\beta$  son  $<0^\circ$ . Un menor valor de  $\alpha$  aumenta la superficie hacia el flujo de las partículas más pesadas 25, lo que aumenta el número de partículas más pesadas que caerán en la porción de soporte 14b. Sin embargo, esto debe equilibrarse contra el efecto de que será necesaria una mayor fuerza de arrastre para transportar las partículas más pesadas a lo largo de la porción de soporte y más allá. Debido a la disminución de velocidad del torbellino helicoidal 11 más abajo en el hidrociclón, y la consecuente menor fuerza de arrastre generada, es preferible disponer elementos con  $\alpha$  mayor más próximos al extremo de vértice 6 que los elementos más alejados del extremo de vértice 6.

La figura 8a representa un elemento 14 que tiene una porción de reborde 14c con una curvatura 17 correspondiente a un radio R de un círculo. Este radio R es preferiblemente mayor que r de la porción curva redondeada, es decir,  $R > r$ . La curvatura prolonga la longitud de la porción de soporte 14c, y por ello la distancia a lo largo de la que los torbellinos segundo y tercero pueden girar en espiral y generar una fuerza de arrastre para el transporte de las partículas pesadas sin el acortamiento de las longitudes L1, L2 de las superficies lisas entre los elementos de desviación de flujo. La figura 8b representa la curvatura de un elemento 14 según se ve desde una dirección axial. Se definen tres radios adicionales, R1 define un radio decreciente de la cámara de separación, R2 define el elemento suavemente redondeado que sigue al radio decreciente R1, y R3 representa la curvatura de un elemento 14 según se ve desde una dirección axial correspondiente a una porción de un tubo a lo largo de la porción de soporte 14c. Un elemento suavemente redondeado en combinación con un radio decreciente de la cámara de separación reducirá el riesgo de que la turbulencia generada sea demasiado fuerte y de que las partículas pesadas se mezclen de nuevo con la fracción ligera. La porción de un tubo crea un recorrido en espiral para el tercer torbellino helicoidal y las partículas pesadas 25, y crea un efecto de blindaje contra el torbellino helicoidal, lo que evita aún más la remezcla de partículas pesadas separadas con la fracción de aceptación ligera. Los radios pueden tener varias longitudes; sin embargo, en una realización preferida,  $R1 < D/2$ , donde D es el diámetro del alojamiento de hidrociclón 2 en la posición donde está dispuesto el medio de desviación de flujo, y  $R2 < R1$  y  $R3 < R2$ . La figura 8c representa otra realización de la invención, donde R2 y R3 son sustituidos por un borde 26 que interconecta el radio R1 con una porción esencialmente plana 27 que está conectada a la pared circunferencial 4. Un ángulo  $\Omega$  se define como la dirección de extensión de la porción 27 a una línea radial imaginaria que se extiende desde el centro del alojamiento 2 a través del borde 26. Preferiblemente  $\Omega$  está en el intervalo  $-45^\circ < \Omega < 45^\circ$ .

## REIVINDICACIONES

1. Un hidrociclón (1) para separar una mezcla líquida en una fracción pesada incluyendo partículas pesadas y una fracción ligera, incluyendo un alojamiento (2) que forma una cámara de separación alargada (3) que tiene una pared circunferencial (4), un extremo de base (5), un extremo de vértice (6), al menos un elemento de entrada (7) para suministrar una mezcla líquida a la cámara de separación (3), estando colocado al menos uno del elemento o elementos de entrada (7) en el extremo de base (5), un primer elemento de salida (8) para descargar la fracción ligera separada de la cámara de separación (3) en el extremo de base (5), un segundo elemento de salida (9) para descargar la fracción pesada separada de la cámara de separación (3) en el extremo de vértice (6), un medio (10) para suministrar la mezcla líquida a la cámara de separación (3) mediante el al menos único elemento de entrada (7), de modo que, durante la operación, se genere una corriente de líquido como un torbellino helicoidal (11) alrededor de un eje central (12) en la cámara de separación (3), extendiéndose dicho torbellino helicoidal (11) desde el extremo de base (5) al extremo de vértice (6), y un primer medio de desviación de flujo dispuesto en la pared circunferencial (4), **caracterizado porque** el primer medio de desviación de flujo incluye al menos un elemento (14) en el recorrido (13) de la corriente de líquido que representa una disminución del radio de la cámara de separación, seguida de un aumento del radio de la cámara de separación, incluyendo el al menos único elemento (14) una porción curva redondeada (14a) para transportar las partículas pesadas.
2. Un hidrociclón (1) según la reivindicación 1, **caracterizado porque** la porción curva redondeada (14a) se define por un radio  $r$ , correspondiente al radio de la curva redondeada en un punto específico a lo largo de la porción curva redondeada 14a, donde el radio  $r$  está preferiblemente en el intervalo de  $0,1 D_0 < r < D_0$ , donde  $D_0$  es el diámetro del alojamiento de hidrociclón en la posición donde está dispuesto el medio de desviación de flujo.
3. Un hidrociclón (1) según alguna de las reivindicaciones 1 o 2, **caracterizado porque** la porción curva redondeada (14a) está conectada a una porción de soporte (14b) que se extiende esencialmente en la dirección del recorrido (13) de la corriente de líquido.
4. Un hidrociclón (1) según alguna de las reivindicaciones 1, 2 o 3, **caracterizado porque** la porción curva redondeada (14a) está conectada a una porción de reborde (14c) que se extiende esencialmente en una dirección hacia el extremo de vértice (6) del hidrociclón (1).
5. Un hidrociclón (1) según alguna de las reivindicaciones 3 o 4, **caracterizado porque** la porción curva redondeada (14a) se define por un ángulo  $\mu$ , correspondiente al ángulo entre los radios definidos en el punto de inicio de la curva redondeada en el extremo de la porción de soporte (14b) y el punto final de la porción curva redondeada en el inicio de la porción de reborde (14c), donde el ángulo  $\mu$  está en el intervalo  $0^\circ < \mu < 120^\circ$ , preferiblemente en el intervalo  $15^\circ < \mu < 120^\circ$ , más preferiblemente en el intervalo  $30^\circ < \mu < 90^\circ$ .
6. Un hidrociclón (1) según alguna de las reivindicaciones 3 - 5, **caracterizado porque** un ángulo  $\alpha$  entre la tangente del extremo de porción de soporte (14b) y un plano normal al eje central (12) está en el intervalo  $-15^\circ < \alpha < 80^\circ$ .
7. Un hidrociclón (1) según alguna de las reivindicaciones 4 - 6, **caracterizado porque** un ángulo  $\beta$  entre la tangente del extremo de la porción de reborde (14c) y un plano que se extiende a través del eje central (12) está en el intervalo  $-15^\circ < \beta < 60^\circ$ .
8. Un hidrociclón (1) según alguna de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el primer medio de desviación de flujo incluye una pluralidad de elementos (14) dispuestos al mismo nivel en el alojamiento y conectados por una porción superficial lisa (16) de la pared circunferencial (4).
9. Un hidrociclón (1) según alguna de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** cada elemento (14) tiene una longitud de extensión a lo largo de la pared circunferencial (4) que es menor que 1/4 de la circunferencia total de la pared circunferencial (4) medida en la posición axial del elemento (14).
10. Un hidrociclón (1) según alguna de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el primer medio de desviación de flujo está dispuesto en el extremo de vértice (6).
11. Un hidrociclón (1) según alguna de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** un segundo medio de desviación de flujo está dispuesto a una distancia  $L1$  del primer medio de desviación de flujo medida a lo largo del eje central (12), donde la distancia  $L1$  está en el intervalo  $0,8D1 < L1 < 4D1$ , donde  $D1$  es el diámetro del alojamiento (2) en la posición donde está dispuesto el segundo medio de desviación de flujo.
12. Un hidrociclón (1) según alguna de las reivindicaciones anteriores 4- 11, **caracterizado porque** la porción de reborde (14c) tiene una curvatura (17) correspondiente a un radio  $R$  de un círculo, donde el radio  $R$  es preferiblemente mayor que  $r$ .

13. Un hidrociclón (1) según alguna de las reivindicaciones anteriores 4-12, **caracterizado porque** la porción de reborde (14c) se define por tres radios R1-R3 según se ve desde una dirección axial, donde  $R1 < D/2$ , donde D es el diámetro del alojamiento (2) en la posición donde está dispuesto el medio de desviación de flujo, y  $R2 < R1$  y  $R3 < R2$ .

5 14. Un hidrociclón (1) según alguna de las reivindicaciones anteriores 4-13, **caracterizado porque** la porción de reborde (14c) se define por un radio R1 según se ve desde una dirección axial, donde  $R1 < D/2$ , donde D es el diámetro del alojamiento (2) en la posición donde está dispuesto el medio de desviación de flujo, donde un borde (26) interconecta el radio R1 con una porción esencialmente plana (27) que está conectada a la pared circunferencial (4), y donde un ángulo  $\Omega$  se define como la dirección de extensión de la porción (27) a una línea imaginaria radial que se extiende desde el centro del alojamiento (2) a través del borde (26), donde  $\Omega$  está preferiblemente en el intervalo  $-45^\circ < \Omega < 45^\circ$ .

10

15. Un hidrociclón (1) según la reivindicación 1, **caracterizado porque** el primer medio de desviación de flujo incluye una pluralidad de elementos (14) dispuestos cerca del extremo de vértice (6).

15

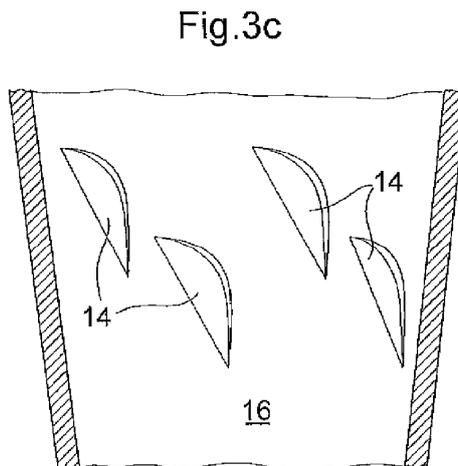
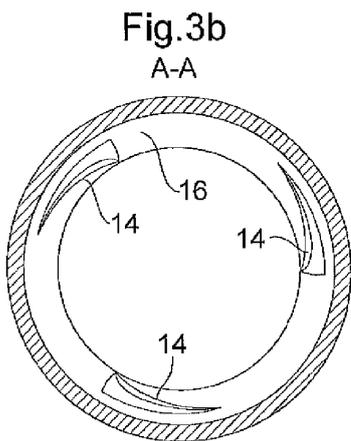
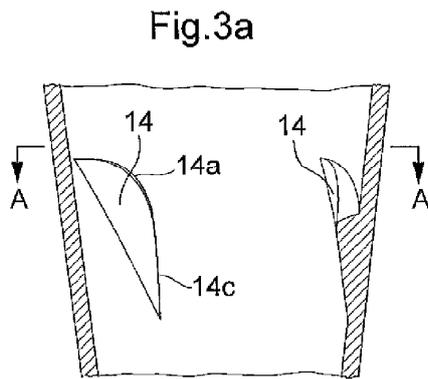
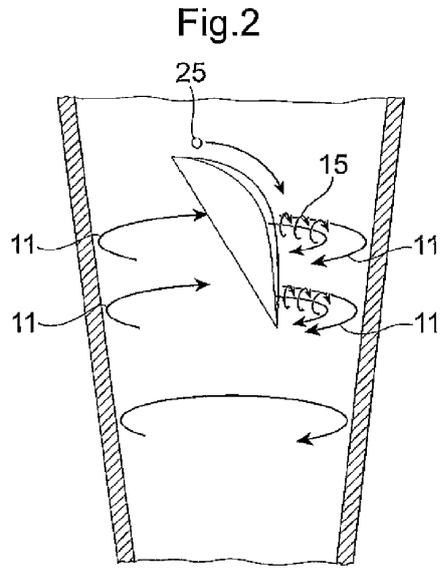
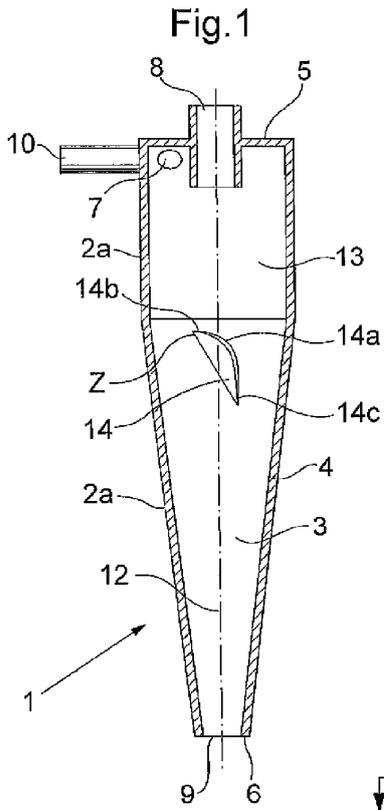


Fig.4a

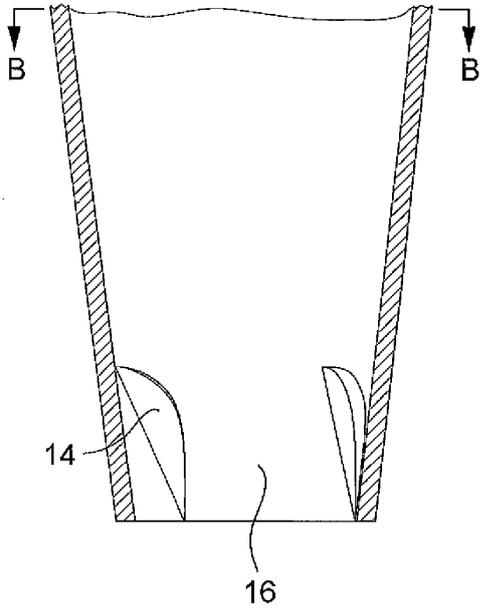


Fig.4b  
B-B

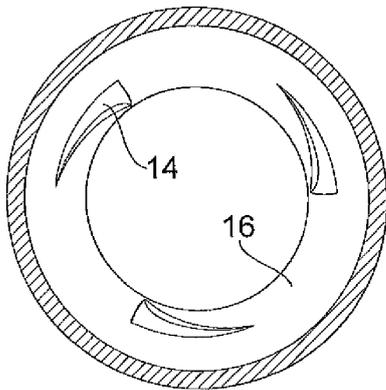


Fig.5

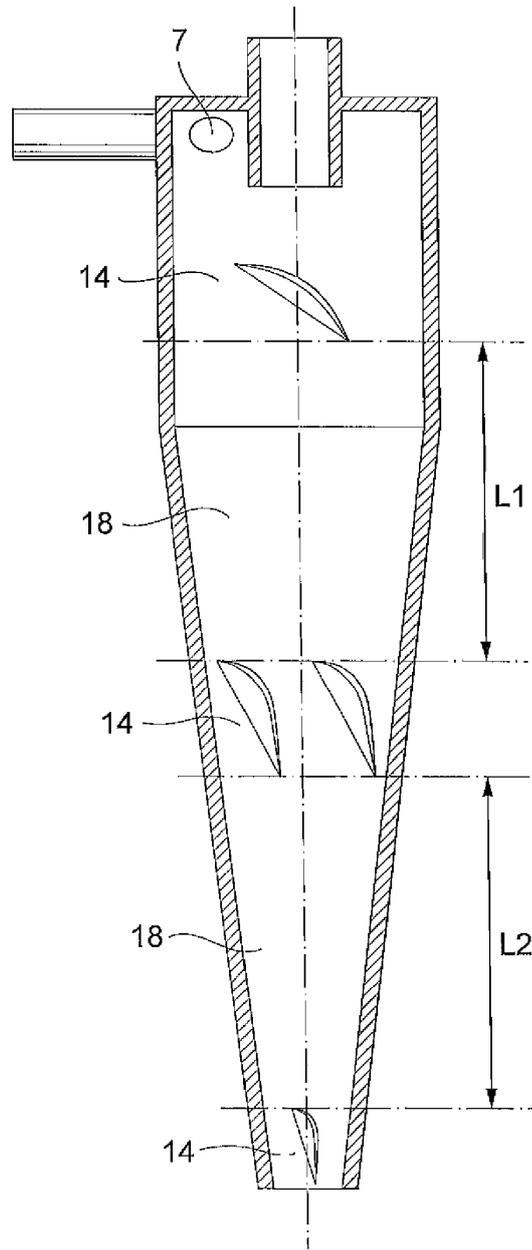


Fig.6

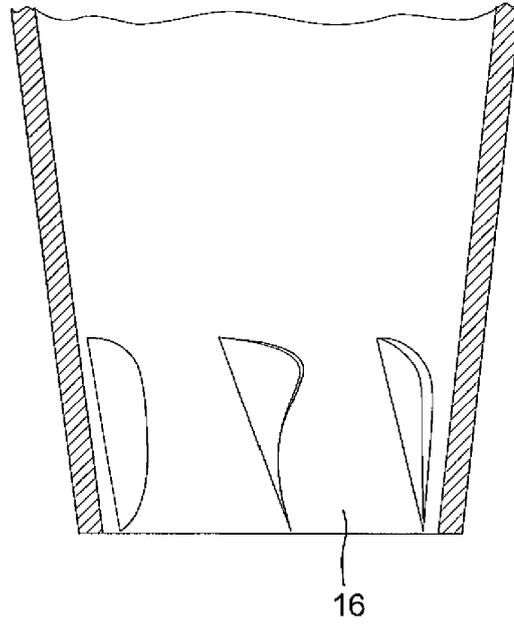


Fig.7a

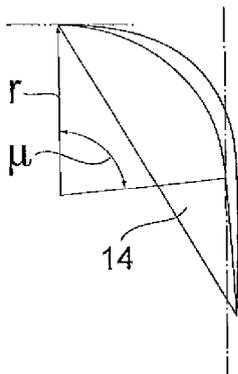


Fig.7b

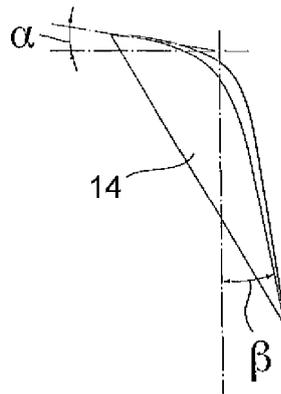


Fig.7c

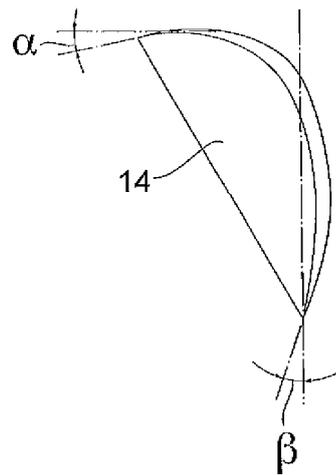


Fig.8a

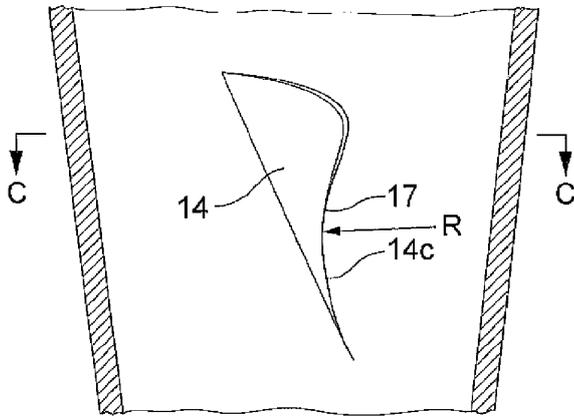


Fig.8b

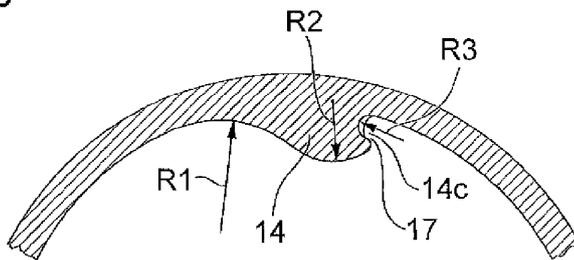


Fig.8c

