

SEPARACIÓN DE PARTÍCULAS POR DENSIDAD

REFERENCIAS CRUZADAS

La presente solicitud reivindica el beneficio de la solicitud provisional estadounidense n.º 63/013 289 titulada "PARTICLE SEPARATION BY DENSITY", presentada el 21 de abril de 2020, la que se incorpora a la presente mediante esta referencia en su totalidad.

ANTECEDENTES

1. Campo

Las modalidades de esta presente descripción se refieren a la separación de partículas y más particularmente a la separación de partículas por densidad.

2. Descripción de la técnica relacionada

Algunos sistemas para separar partículas por densidad pueden hacer que las partículas fluyan a través de canales o divisores, de manera que las partículas de mayor densidad sean detenidas por los divisores y las partículas de menor densidad pasen sobre los divisores. Los sistemas pueden incluir retenedores o huecos respectivos para recoger las partículas entre los divisores. Por ejemplo, algunos sistemas, como los concentradores centrífugos, pueden usar cuencos giratorios que tienen canales o divisores dispuestos en las superficies internas de los cuencos, de modo que el flujo de partículas hacia arriba y fuera del cuenco en una superficie interna del cuenco se ve obstaculizado por los divisores y las partículas de alta densidad pueden ser retenidas en retenedores o huecos entre ellos. Sin embargo, algunos sistemas conocidos para separar partículas pueden tener características y/o geometría que pueden no facilitar la separación eficiente de partículas por densidad.

COMPENDIO

Según varias modalidades, se proporciona un aparato para facilitar la separación de partículas por densidad. El aparato incluye un separador que tiene una

superficie interna que rodea un eje de rotación del separador y que define una trayectoria de partículas desde un extremo de entrada del separador hasta un extremo de salida del separador axialmente espaciado, en donde la superficie interna incluye una pluralidad de divisores axialmente espaciados que tienen posiciones internas respectivas, donde los divisores definen al menos en parte retenedores espaciados axialmente respectivos para recoger partículas durante la rotación del separador, donde cada uno de los retenedores incluye al menos una entrada de fluido para fluidificar partículas en el retenedor durante el funcionamiento. La pluralidad de divisores incluye un primer par de divisores adyacentes y un segundo par de divisores adyacentes, el primer par de divisores adyacentes más cerca del extremo de entrada que el segundo par de divisores adyacentes, en donde una pendiente del primer divisor con respecto al eje de rotación entre posiciones internas del primer par de divisores adyacentes es mayor que la pendiente de un segundo divisor con respecto al eje de rotación entre las posiciones internas del segundo par de divisores adyacentes y en donde cada una de las pendientes del primer y segundo divisor es cero o positiva.

Las pendientes del primer y segundo divisor pueden incluir primeras y segundas relaciones de diferencia de posición radial sobre diferencia de posición axial, respectivamente.

La pendiente del primer divisor puede ser superior a alrededor de **10** grados.

La pendiente del primer divisor puede ser superior a alrededor de **20** grados.

La pendiente del segundo divisor puede ser inferior a alrededor de **10** grados.

La pluralidad de divisores puede incluir un tercer par de divisores adyacentes, el tercer par de divisores adyacentes más cerca del extremo de salida que el segundo par de divisores adyacentes, en donde una pendiente del tercer divisor en relación con el eje de rotación entre las posiciones internas del tercer par de

divisores adyacentes es cero o positiva y es inferior a la pendiente del segundo divisor.

La pendiente del tercer divisor puede ser inferior a alrededor de **10** grados.

La pendiente del tercer divisor puede ser inferior a alrededor de **3** grados.

La pluralidad de divisores puede incluir un cuarto par de divisores adyacentes, el cuarto par de divisores adyacentes más cerca del extremo de salida que el tercer par de divisores adyacentes, en donde una pendiente del cuarto divisor en relación con el eje de rotación entre las posiciones internas del cuarto par de divisores adyacentes es cero o positiva y es inferior a la pendiente del tercer divisor.

La pendiente del cuarto divisor puede ser inferior a alrededor de **10** grados.

La pendiente del cuarto divisor puede ser inferior a alrededor de **3** grados.

La pluralidad de divisores puede incluir un cuarto par de divisores adyacentes, el cuarto par de divisores adyacentes más cerca del extremo de salida que el tercer par de divisores adyacentes, en donde una pendiente del cuarto divisor en relación con el eje de rotación entre las posiciones internas del cuarto par de divisores adyacentes es inferior a alrededor de **10** grados.

La pendiente del cuarto divisor puede ser inferior a alrededor de **3** grados.

Las posiciones internas de los divisores pueden estar en una trayectoria parabólica.

Las pendientes de divisores respectivas en relación con el eje de rotación entre posiciones internas para cada uno de los pares de divisores adyacentes pueden disminuir desde el extremo de entrada hasta el extremo de salida del separador.

Una diferencia entre dos de las pendientes de divisores puede representar una diferencia angular de al menos alrededor de **20** grados.

Los retenedores pueden incluir un primer par de retenedores adyacentes y un segundo par de retenedores adyacentes, el primer par de retenedores adyacentes más cerca del extremo de entrada que el segundo par de retenedores adyacentes, en donde una pendiente de primer retenedor con respecto al eje de rotación entre posiciones de retenedores del primer par de retenedores adyacentes es mayor que una pendiente de segundo retenedor con respecto al eje de rotación entre posiciones de retenedores del segundo par de retenedores adyacentes, donde las pendientes del primer y segundo retenedores son cero o positivas.

La pendiente del segundo retenedor puede ser inferior a alrededor de **3** grados.

Los retenedores pueden incluir un tercer par de retenedores adyacentes, el tercer par de retenedores adyacentes más cerca del extremo de salida que el segundo par de retenedores adyacentes, en donde la pendiente de un tercer retenedor con respecto al eje de rotación entre las posiciones de retenedor del tercer par de retenedores adyacentes es cero o positiva y inferior a alrededor de **3** grados.

Los retenedores pueden tener profundidades mínimas comunes.

Según varias modalidades, se proporciona un sistema para facilitar la separación de partículas por densidad. El sistema incluye el aparato descrito anteriormente, un impulsor de rotación acoplado al aparato para hacer que el separador del aparato gire alrededor del eje de rotación, y una fuente de partículas en comunicación de partículas con el extremo de entrada del separador y configurada para proporcionar partículas al extremo de entrada del separador mientras el separador gira alrededor del eje de rotación.

Otros aspectos y características de las modalidades de la presente descripción se harán evidentes para los expertos en la técnica tras la revisión de la siguiente descripción de modalidades específicas de la presente descripción junto con las figuras adjuntas.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

En los dibujos que ilustran modalidades de la presente descripción,

la FIG. 1 es una vista lateral en sección de un sistema para facilitar la separación de partículas por densidad según varias modalidades de la presente descripción;

la FIG. 2 es una vista lateral en sección de una parte del sistema que se muestra en la FIG. 1 según varias modalidades de la presente descripción;

la FIG. 3 es una vista lateral en sección de un separador del sistema que se muestra en la FIG. 1 según varias modalidades de la presente descripción;

la FIG. 4 es una vista lateral en sección de una parte de un sistema para facilitar la separación de partículas por densidad según varias modalidades de la presente descripción; y

la FIG. 5 es una vista lateral en sección de una parte de un sistema para facilitar la separación de partículas por densidad según varias modalidades de la presente descripción.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

Con referencia a la FIG. 1, se muestra una vista en sección de un sistema **10** para facilitar la separación de partículas por densidad, según varias modalidades. En varias modalidades, el sistema **10** puede actuar como un concentrador centrífugo.

Haciendo referencia a la FIG. 1, el sistema **10** incluye un separador **12** configurado para girar alrededor de un eje de rotación **14**. En algunas modalidades, el separador **12** puede denominarse cuenco. En varias modalidades, el separador **12** puede tener propiedades y/o geometría que facilite una separación de partículas mejorada por densidad durante el funcionamiento. En varias modalidades, el sistema **10** puede incluir un motor **16** que actúa como un impulsor de rotación acoplado al separador **12** para hacer que el separador gire alrededor del eje de rotación **14** durante el uso. Por ejemplo, en algunas modalidades, el motor **16** puede acoplarse al separador **12** a través de una correa de transmisión **18** y un eje de transmisión **19**.

El sistema **10** puede incluir una fuente de partículas **20** en comunicación de partículas con un extremo de entrada del separador **12** y configurado para proporcionar partículas mientras el separador gira alrededor del eje de rotación **14**. Por ejemplo, en varias modalidades, la fuente de partículas **20** puede incluir un tubo de alimentación. En algunas modalidades, las partículas proporcionadas a través del tubo de alimentación se pueden mezclar en una suspensión de agua. Por ejemplo, en algunas modalidades, la fuente de partículas **20** puede proporcionar al separador **12** una relación de **60** % de agua y **40** % de partículas. Por ejemplo, en algunas modalidades, la fuente de partículas **20** puede proporcionar alrededor de **500** toneladas métricas por hora de sólidos. En algunas modalidades, diferentes modalidades generalmente similares al sistema **10** pueden configurarse para procesar partículas proporcionadas a velocidades de **50** kg/h a más de **500** toneladas métricas por hora de sólidos, por ejemplo.

En varias modalidades, las partículas pueden incluir partículas de alta densidad, como, por ejemplo, partículas de oro junto con otras partículas de menor densidad, como rocas, arena y/o suelo. En algunas modalidades, el separador **12** puede configurarse para separar las partículas de alta densidad de las partículas de menor densidad a medida que el separador **12** gira alrededor del eje de rotación **14**.

Haciendo referencia a la FIG. 2, se muestra una vista ampliada de una parte (mostrada en 32 en la FIG. 1) del sistema 10 que incluye el separador 12, que representa más detalles del separador 12 según varias modalidades. Haciendo referencia a la FIG. 2, el separador 12 incluye una superficie interior 100 que rodea el eje de rotación 14 del separador 12. En varias modalidades, el separador 12 puede estar hecho de un material o combinación de materiales que sea resistente a la abrasión y/o resistente al desgaste, como, por ejemplo, respaldo de acero con una cubierta/revestimiento de poliuretano. En algunas modalidades, el separador 12 puede incluir materiales alternativos o adicionales, como metal (por ejemplo, acero), poliuretano, caucho, carburo de silicio y/o combinaciones de los mismos. En varias modalidades, la superficie interior 100 puede definir una trayectoria de partículas desde un extremo de entrada 102 del separador 12 hasta un extremo de salida 104 del separador 12 espaciado axialmente.

Con referencia a la FIG. 2, en varias modalidades, la superficie interna 100 puede incluir divisores 120, 122, 124, 126, 128, 130, 132, 134, 136, 138 y 140 espaciados axialmente. En varias modalidades, cada uno de los divisores 120-140 puede tener una posición interna respectiva con respecto al eje de rotación. En varias modalidades, la posición interna de un divisor se puede definir como la posición de la superficie más interna del divisor (por ejemplo, un vértice interno del divisor, más cercano al eje de rotación 14). En algunas modalidades, los divisores 120-140 pueden ser generalmente anulares, rodeando el eje de rotación 14. En varias modalidades, los divisores 120-140 pueden ser generalmente simétricos con respecto al eje de rotación 14.

En algunas modalidades, una posición interna para cada divisor 120-140 puede expresarse como una posición de dos coordenadas para la superficie más interna del divisor: una posición radial o medida de distancia desde el eje de rotación y una posición axial o medida a lo largo del eje de rotación. Por ejemplo, con referencia a la FIG. 3, el separador 12 según varias modalidades, se muestra en

una vista en sección transversal, aislado. Haciendo referencia a la FIG. 3, en **252** se muestra una medida de posición radial para el divisor **122** y en **254** se muestra una medida de posición axial que representa la posición axial del divisor **122**. En la modalidad que se muestra en la FIG. 3, la medición de la posición axial puede ser una posición relativa y puede tomarse en relación con una posición del divisor **120**, que está más cerca del extremo de entrada **102**, y por lo tanto, el divisor **120** puede considerarse como en una posición axial de **0**. En **250** se muestra una medida de posición radial para el divisor **120**.

Con referencia a la FIG. 2, en varias modalidades, los divisores **120-140** pueden definir retenedores **152, 154, 156, 158, 160, 162, 164, 166, 168** y **170** separados axialmente respectivos para recolectar partículas durante la rotación del separador **12**. En algunas modalidades, el separador **12** también puede incluir un retenedor **150**. En algunas modalidades, los retenedores pueden ser generalmente simétricos con respecto al eje de rotación **14**. En algunas modalidades, cada uno de los retenedores **150-170** puede incluir un conjunto de entradas de fluido para fluidificar partículas en el retenedor durante el funcionamiento. Por ejemplo, en algunas modalidades, las entradas de fluido para el retenedor **152** que se muestran en la FIG. 2 pueden incluir orificios o pasajes a lo largo de una pared radial exterior del retenedor **152** (ver, por ejemplo, entrada de fluido **180**). En algunas modalidades, las entradas de fluido pueden estar en comunicación fluida con un depósito de fluido **200** que rodea al separador **12**. Por ejemplo, en algunas modalidades, el separador **12** puede incluir alrededor de **400** orificios o entradas de fluido en cada uno de los retenedores con una separación de alrededor de **10** mm entre los orificios. En algunas modalidades, cada uno de los retenedores **150-170** del separador **12** puede incluir dos filas de entradas de fluido separadas axialmente, como se muestra en la FIG. 2.

Todavía con referencia a la FIG. 2, en varias modalidades, los divisores **120-140** del separador **12** pueden colocarse y/o configurarse para facilitar la separación de partículas por densidad que puede ser efectiva tanto para partículas grandes como

pequeñas. Por ejemplo, en algunas modalidades, una diferencia en las posiciones internas sobre el desplazamiento axial o la pendiente para divisores adyacentes puede ser menor para divisores adyacentes cerca del extremo de salida **104** que para divisores adyacentes cerca del extremo de entrada **102**, como se describe con más detalle a continuación y esto puede, en algunas modalidades, facilitar una separación de partículas mejorada.

Con referencia a la FIG. 2, en algunas modalidades, para un primer par de divisores adyacentes **120** y **122** y un segundo par de divisores adyacentes **122** y **124**, el primer par más cerca del extremo de entrada **102** que el segundo par, una pendiente de primer divisor con respecto al eje de rotación entre las posiciones internas del primer par de divisores adyacentes **120** y **122** puede ser mayor que una pendiente de segundo divisor con respecto al eje de rotación entre las posiciones internas del segundo par de divisores adyacentes **122** y **124**. En varias modalidades, las pendientes del primer y segundo divisor pueden ser cero o positivas (es decir, no negativas), de modo que el divisor **124** no esté más cerca del eje de rotación que el divisor **122** y el divisor **122** no esté más cerca del eje de rotación que el divisor **120**.

En algunas modalidades, esta reducción en la pendiente de divisor puede ocurrir para pares respectivos de divisores adyacentes, ya que se consideran desde el extremo de entrada **102** hasta el extremo de salida **104**, como se describe con mayor detalle a continuación.

En algunas modalidades, este cambio de pendiente puede permitir que los divisores cerca del extremo de entrada **102** separen o capturen partículas más gruesas de alta densidad mientras que los divisores cerca del extremo de salida **104** separen o capturan partículas más finas de alta densidad. En varias modalidades, mantener la pendiente del segundo par de divisores adyacentes en cero o positiva (es decir, no negativa) puede facilitar el movimiento continuo de las partículas hacia el extremo de salida, sin una acumulación excesiva de partículas.

Funcionamiento

Con referencia a la FIG. 1, como se discutió anteriormente, el sistema **10** puede facilitar la separación de partículas por densidad. En varias modalidades, la fuente de partículas **20** puede proporcionar una mezcla de partículas y fluido, como por ejemplo, una mezcla **60-40** de agua y partículas o suspensión, al extremo de entrada **102** del separador **12**. En algunas modalidades, la suspensión que incluye las partículas puede alimentarse por gravedad a través de la fuente de partículas **20** hasta el extremo de entrada **102** del separador **12**. En algunas modalidades, la suspensión puede separarse por tamaño en primer lugar utilizando un tamiz vibratorio, por ejemplo, antes de proporcionarse al separador **12**. En algunas modalidades, la fuente de partículas **20** puede incluir una bomba configurada para bombear la suspensión hacia el extremo de entrada **102** del separador **12**.

En varias modalidades, mientras que las partículas se proporcionan al extremo de entrada **102**, el motor **16** puede accionar el separador **12** a través de la correa de transmisión **18** y el eje de transmisión **19**. Por ejemplo, en algunas modalidades, el separador **12** puede ser accionado a una velocidad rotacional nominal de alrededor de **400 rpm** por el motor **16** que consume **75 kW** de potencia y gira a alrededor de **1485 rpm**.

Haciendo referencia a la FIG. 2, las partículas pueden ser impulsadas hacia el exterior hacia la superficie interior **100** del separador **12** mediante la rotación del separador **12** alrededor del eje de rotación **14**. En referencia a la FIG. 2, la superficie interior **100** puede incluir paredes inclinadas **220** que pueden causar que fuerzas centrífugas hacia el exterior impulsen las partículas hacia arriba desde el extremo de entrada **102** hacia el extremo de salida **104** del separador **12**.

Las partículas pueden entrar primero en el retenedor **150** que se muestra en la FIG. 2. En algunas modalidades, una vez que el retenedor se llena con partículas, algunas partículas pueden pasar por encima del divisor **120** al retenedor **152**

adyacente que se muestra en la FIG. 2. En varias modalidades, las partículas que permanecen en el retenedor **150** pueden incluir partículas que tienen una densidad más alta que las que pasan sobre el divisor **120** al retenedor **152** adyacente. En varias modalidades, el separador **12** puede incluir entradas de fluido, como la entrada de fluido **180**, por ejemplo, en comunicación fluida con cada uno de los retenedores **150-170** para facilitar la sedimentación de partículas de mayor densidad dentro de los retenedores. En varias modalidades, las entradas de fluido pueden incluir orificios o pasajes en comunicación fluida con el depósito **200** y la superficie interior **100**. En funcionamiento, el agua puede mantenerse bajo presión en el depósito de fluido **200** y la presión del agua puede hacer que el agua fluya a través de las entradas de fluido hacia los retenedores **150-170**.

Con referencia a la FIG. 2, en varias modalidades, el retenedor **152** puede estar definido al menos en parte por los divisores **120** y **122**. En varias modalidades, una vez que el retenedor **152** está lleno de partículas, las partículas pueden pasar por encima del divisor **122** al retenedor **154**.

En varias modalidades, la facilidad o velocidad a la que las partículas pasan sobre el divisor **122** puede depender al menos en parte de la pendiente de divisor con respecto al eje de rotación **14** entre las posiciones internas de los divisores **120** y **122**. En algunas modalidades, la pendiente de divisor se puede determinar como una relación de la diferencia de posición radial sobre la diferencia de posición axial para las posiciones internas de los divisores **120** y **122**. En varias modalidades, la posición radial del divisor **120** puede ser la distancia o medida radial entre la superficie más interna del divisor **120** y el eje de rotación **14**. Por ejemplo, en algunas modalidades, la superficie más interna del divisor **120** puede estar a alrededor de **440** mm del eje de rotación **14** y, por lo tanto, la posición radial del divisor **120** puede estar a alrededor de **440** mm. La posición radial del divisor **122** puede determinarse de manera similar para que sea alrededor de **466** mm.

Haciendo referencia a la FIG. 3, el separador **12** según varias modalidades se muestra aislado. Haciendo referencia a la FIG. 3, la medida que representa la posición radial del divisor **120** se muestra en **250** y la medida que representa la posición radial del divisor **122** se muestra en **252**.

En varias modalidades, la posición axial del divisor **120** puede ser una posición proyectada sobre el eje de rotación **14** de la superficie más interna del divisor **120**. En algunas modalidades, donde la superficie más interna del divisor **120** puede extenderse axialmente de manera que se proporciona una superficie cilíndrica, por ejemplo, una posición axial del divisor puede ser la posición axial promedio de la superficie más interna del divisor. En algunas modalidades, las posiciones axiales se pueden medir en relación con el divisor más cercano al extremo de entrada **102** y, por lo tanto, se puede considerar que el divisor **120** tiene una posición axial de **0** mm. En algunas modalidades, el divisor **122** puede tener una posición axial de alrededor de **48** mm. Haciendo referencia a la FIG. 3, la medida que muestra la posición axial del divisor **122** se muestra en **254**. En algunas modalidades, los divisores **120-138** pueden tener cada uno una altura de superficie axial de alrededor de **6,4** mm, por ejemplo.

En varias modalidades, la pendiente de divisor puede determinarse mediante la siguiente ecuación:

$$m_{div} = \frac{r_{div2} - r_{div1}}{p_{div2} - p_{div1}}$$

donde r_{div1} es la posición radial del divisor **120**, r_{div2} es la posición radial del divisor **122**, p_{div1} es la posición axial del divisor **120** y p_{div2} es la posición axial del divisor **122**.

En consecuencia, en varias modalidades, la pendiente de divisor para el par de divisores adyacentes **120** y **122** puede ser alrededor de $(466-440)/(48-0)=0,542$. En algunas modalidades, la pendiente de divisor puede expresarse en grados (es

decir, alrededor de $\tan^{-1}(26/48) = 28,4$ grados). En varias modalidades, la pendiente de divisor para el par de divisores adyacentes **120** y **122** puede ser positiva, de modo que el divisor **122** cerca del extremo de salida tenga una posición radial mayor que el divisor **120**, para facilitar el flujo de partículas desde el extremo de entrada **102** hacia el extremo de salida del separador **12** cuando el separador **12** gira alrededor del eje de rotación **14**.

En varias modalidades, algunas partículas que pasan sobre el divisor **122** pueden pasar luego sobre el divisor **124** y entrar en el retenedor **154** que se muestra en la FIG. 2. En varias modalidades, las partículas que no pasan sobre el divisor **124** y permanecen en el retenedor **152** pueden incluir partículas que tienen una densidad más alta que las que pasan sobre el divisor **124** al retenedor **154** adyacente.

En varias modalidades, la pendiente de divisor para el par de divisores **122** y **124** adyacentes puede ser menor que la pendiente de divisor para el par de divisores **120** y **122** adyacentes. En varias modalidades, la pendiente de divisor para el par de divisores **122** y **124** adyacentes puede ser cero o positiva (es decir, no negativa). En varias modalidades, esto puede facilitar el flujo de partículas desde el extremo de entrada **102** hasta el extremo de salida del separador **12**. Por ejemplo, en algunas modalidades, el divisor **124** puede tener una posición radial de alrededor de **489** mm y una posición axial de alrededor de **97** mm. En consecuencia, la pendiente de divisor para el par de divisores adyacentes **122** y **124** puede ser alrededor de $(489-466)/(97-48) = 0,469$ o **25,1** grados.

En varias modalidades, tener la pendiente de divisor para el par de divisores adyacentes **120** y **122** mayor que la pendiente de divisor para el par de divisores adyacentes **122** y **124**, que están dirección abajo de los divisores **120** y **122**, manteniendo la pendiente de divisor cero o positiva, puede facilitar una mejor separación de partículas por densidad. Por ejemplo, en algunas modalidades, en las que se van a recuperar partículas de alta densidad como el oro usando el

sistema **10**, se pueden facilitar velocidades de recuperación más altas. En algunas modalidades, la separación mejorada puede resultar de que los divisores **120** y **122** que se muestran en la FIG. **1** sean más adecuados para capturar partículas más grandes de alta densidad en el retenedor **152**, mientras que los divisores **122** y **124** pueden ser más adecuados para capturar partículas más pequeñas de alta densidad en el retenedor **154**. En varias modalidades, al mantener la pendiente de divisor en cero o positiva (es decir, no negativa), se puede estimular el flujo de las partículas y se puede facilitar una separación de partículas mejorada.

En varias modalidades, las partículas pueden pasar luego sobre el divisor **126** y entrar en el retenedor **156** que se muestra en la FIG. **2**. En varias modalidades, las partículas que permanecen en el retenedor **154** pueden incluir partículas que tienen una densidad más alta que las que pasan sobre el divisor **126** al retenedor **156** adyacente. En varias modalidades, la pendiente de divisor para el par de divisores **124** y **126** adyacentes puede ser menor que la pendiente de divisor para el par de divisores **122** y **124** adyacentes, pero todavía no negativa. Por ejemplo, en algunas modalidades, el divisor **126** puede tener una posición radial de alrededor de **511** mm y una posición axial de alrededor de **145** mm. En consecuencia, la pendiente de divisor para el par de divisores adyacentes **124** y **126** puede ser de alrededor de **0,458** o alrededor de **24,6** grados.

En varias modalidades, tener la pendiente de divisor para el par de divisores adyacentes **122** y **124** mayor que la pendiente de divisor para el par de divisores adyacentes **124** y **126** mientras que también tener la pendiente de divisor para el par de divisores adyacentes **120** y **122** mayor que la pendiente de divisor para el par de divisores adyacentes **122** y **124** puede facilitar una mejor separación de partículas por densidad. Por ejemplo, en algunas modalidades, en las que se van a recuperar partículas de alta densidad como el oro usando el sistema **10**, se pueden facilitar velocidades de recuperación más altas.

En algunas modalidades, la separación mejorada puede resultar de que los

divisores **120** y **122** que se muestran en la FIG. **2** sean más adecuados para capturar partículas más grandes de alta densidad en el retenedor **152**, mientras que los divisores **122** y **124** y luego **124** y **126** pueden ser más adecuados para capturar progresivamente partículas más pequeñas de alta densidad en los retenedores **154** y **156** respectivamente. En varias modalidades, este enfoque progresivo o escalonado para las separaciones de partículas puede dar como resultado mayores rendimientos y/o una separación de partículas más precisa por densidad. En varias modalidades, al mantener las pendientes de divisor en cero o positivas (es decir, no negativas), se puede estimular el flujo de las partículas y se puede facilitar una separación de partículas mejorada.

En varias modalidades, las partículas pueden pasar luego sobre el divisor **128** y entrar en el retenedor **158** que se muestra en la FIG. **2**. En varias modalidades, las partículas que permanecen en el retenedor **156** pueden incluir partículas que tienen una densidad más alta que las que pasan sobre el divisor **128** al retenedor **158** adyacente. En varias modalidades, la pendiente de divisor para el par de divisores **126** y **128** adyacentes puede ser menor que la pendiente de divisor para el par de divisores **124** y **126** adyacentes. Por ejemplo, en algunas modalidades, el divisor **128** puede tener una posición radial de alrededor de **530** mm y una posición axial de alrededor de **193** mm. En consecuencia, la pendiente de divisor para el par de divisores adyacentes **126** y **128** puede ser de alrededor de **0,396** o alrededor de **21,6** grados.

En varias modalidades, tener una pendiente de divisor adicional donde la pendiente es inferior y cero o positiva puede facilitar una separación mejorada adicional de partículas por densidad. Por ejemplo, en algunas modalidades, en las que se van a recuperar partículas de alta densidad como el oro usando el sistema **10**, se pueden facilitar velocidades de recuperación más altas. En algunas modalidades, la separación mejorada puede resultar de que los divisores **120** y **122**, **122** y **124**, **124** y **126**, y **126** y **128** que se muestran en la FIG. **2** sean más adecuados para capturar partículas de alta densidad progresivamente más

pequeñas en los retenedores **152**, **154**, **156** y **158** respectivamente. En varias modalidades, al mantener la pendiente de divisor en cero o positiva, se puede estimular el flujo de las partículas y se puede facilitar una separación de partículas mejorada.

En varias modalidades, cada par adicional de divisores con una pendiente de divisor reducida puede facilitar una separación mejorada de partículas por densidad.

Haciendo referencia a la FIG. 2, durante el funcionamiento, la rotación del separador **12** sobre el eje de rotación **14** puede hacer que las partículas continúen fluyendo desde el extremo de entrada **102** hasta el extremo de salida **104**, sobre los divisores **120-140**. Con referencia ahora a la FIG. 1, algunas partículas fluirán hacia arriba sobre el divisor **140** (que se muestra en la FIG. 2) y luego hacia afuera sobre la parte superior del separador **12**. En varias modalidades, estas partículas pueden fluir fuera del sistema **10** a través de un tobogán de salida inclinado **30**.

Haciendo referencia a la FIG. 2, los divisores **130**, **132**, **134**, **136** y **138** pueden tener posiciones radiales y posiciones axiales de (**548 mm**, **241 mm**), (**563 mm**, **290 mm**), (**576 mm**, **338 mm**), (**584 mm**, **389 mm**) y (**584 mm**, **437 mm**) respectivamente. En consecuencia, en varias modalidades, la pendiente de divisor para los pares de divisores adyacentes **120** y **122**, **122** y **124**, **124** y **126**, **126** y **128**, **128** y **130**, **130** y **132**, **132** y **134**, **134** y **136**, y **136** y **138** pueden ser alrededor de **0,542** o alrededor de **28,4** grados, alrededor de **0,469** o alrededor de **25,1** grados, alrededor de **0,458** o alrededor de **24,6** grados, alrededor de **0,396** o alrededor de **21,6** grados, alrededor de **0,375** o alrededor de **20,6** grados, alrededor de **,306** o alrededor de **17,0** grados, alrededor de **0,271** o alrededor de **15,15** grados, alrededor de **0,157** o alrededor de **8,9** grados, y alrededor de **0** o alrededor de **0** grados, respectivamente.

En varias modalidades, una diferencia entre las pendientes de divisor para al

menos dos de las pendientes de divisor puede representar una diferencia angular de al menos alrededor de **20** grados. Por ejemplo, en varias modalidades, la diferencia entre las pendientes de los divisores para el par de divisores adyacentes **120** y **122** y el par de divisores adyacentes **136** y **138** puede representar una diferencia angular de alrededor de **28,4** grados. En algunas modalidades, esta diferencia mínima en las pendientes puede facilitar la separación precisa por densidad de diferentes tamaños de partículas.

En varias modalidades, las pendientes de divisor para pares de divisores adyacentes pueden disminuir para cada par desde el extremo de entrada **102** hasta el extremo de salida **104**. Por ejemplo, en algunas modalidades, las pendientes de divisor para pares de divisores adyacentes pueden disminuir para los pares de divisores adyacentes **120** y **122**, **122** y **124**, **124** y **126**, **126** y **128**, **128** y **130**, **130** y **132**, **132** y **134**, **134** y **136**, y **136** y **138** a medida que avanzan desde el extremo de entrada **102** hasta el extremo de salida **104**. En algunas modalidades, esta reducción progresiva de las pendientes de divisor mientras las pendientes permanecen en cero o positivas (es decir, no negativas) puede facilitar la separación de partículas por densidad de partículas progresivamente más finas en los retenedores **152-168**.

En algunas modalidades, incluir el par de divisores adyacentes **136** y **138** que tienen una pequeña pendiente de divisor cerca del extremo de salida después de disminuir progresivamente las pendientes de divisor puede facilitar la separación de partículas finas de alta densidad por el separador **12**. Por ejemplo, en algunas modalidades, el par de divisores adyacentes **136** y **138** puede tener una pendiente de divisor inferior a alrededor de **10** grados y esto puede facilitar la separación de partículas finas de alta densidad por el separador. En algunas modalidades, el par de divisores adyacentes **136** y **138** puede tener una pendiente de divisor inferior a alrededor de cero y esto puede facilitar la separación de partículas finas de alta densidad. En algunas modalidades, una pendiente de alrededor de cero grados puede ser una pendiente inferior a alrededor de **3** grados.

Con referencia a la FIG. 2, en algunas modalidades, el separador **12** puede incluir un divisor **140** cerca del extremo de salida. En algunas modalidades, el divisor **140** puede ser adyacente al divisor **138** y puede tener una posición radial y una posición axial de (**584** mm y **492** mm), de modo que el par de divisores adyacentes **138** y **140** tengan una pendiente de divisor de alrededor de **0**. En algunas modalidades, incluir los retenedores **168** y **170** definidos por pares de divisores respectivos, ambos con una pequeña pendiente de divisor cerca del extremo de salida después de disminuir progresivamente las pendientes de divisor puede facilitar la separación de partículas finas de alta densidad por el separador **12**. Por ejemplo, en algunas modalidades, los pares de divisores adyacentes **136** y **138** y **138** y **140** pueden tener cada uno una pendiente de divisor inferior a alrededor de **10** grados y esto puede facilitar la separación de partículas finas de alta densidad por el separador. En algunas modalidades, los pares de divisores adyacentes **136** y **138** y **138** y **140** pueden tener cada uno una pendiente de divisor de alrededor de cero grados y esto puede facilitar la separación de partículas finas de alta densidad.

En algunas modalidades, la fuerza centrífuga generada por la rotación del separador **12** puede empujar la suspensión de partículas contra la superficie interior **100** que se muestra en la FIG. 2 y crear una interfaz entre la suspensión de partículas y la atmósfera dentro del separador **12**. En algunas modalidades, el ángulo de esta interfaz puede estar entre alrededor de **5** grados y alrededor de **10** grados desde el eje vertical de rotación. El ángulo puede depender, al menos en parte, del tamaño de las partículas dentro de la suspensión y de la densidad de sólidos de la suspensión. Las partículas más gruesas (p. ej., **2,0**mm) y una mayor densidad de sólidos (p. ej., **60%** de sólidos) pueden dar como resultado un ángulo mayor (p. ej., alrededor de **10** grados en algunas modalidades). Partículas más finas (p. ej., **0,1** mm) y menor densidad de sólidos (p. ej., **20 %** de sólidos) pueden dar como resultado un ángulo inferior (p. ej., **5** grados).

En algunas modalidades, el separador **12** puede facilitar la recuperación efectiva de partículas minerales pesadas gruesas y finas al cambiar las pendientes de divisor desde el extremo de entrada **102** al extremo de salida **104** de modo que algunas pendientes de divisor sean mayores que el ángulo de la interfaz o axialmente dentro de la cara de la suspensión y algunas pendientes de divisor son menores que el ángulo de la interfaz o axialmente fuera de la cara de la suspensión. En algunas modalidades, pares de divisores adyacentes que tienen pendientes de divisor mayores que el ángulo de la interfaz pueden recuperar efectivamente partículas minerales pesadas relativamente más gruesas y pares de divisores adyacentes que tienen pendientes de divisor menores que el ángulo de la interfaz pueden recuperar efectivamente partículas minerales pesadas relativamente más finas.

En consecuencia, en algunas modalidades, al menos un par de divisores adyacentes puede tener una pendiente de divisor mayor que el ángulo de la interfaz, como, por ejemplo, mayor de alrededor de **10** grados. En algunas modalidades, al menos un par de divisores adyacentes pueden tener una pendiente de divisor mucho mayor de **10** grados, como, por ejemplo, mayor de **20** grados, para facilitar la separación de partículas más gruesas. Por ejemplo, en algunas modalidades, la pendiente de divisor para el par de divisores adyacentes **120** y **122** puede ser superior a alrededor de **20** grados. En algunas modalidades, al menos un par de divisores adyacentes más cerca del extremo de salida **104** del separador **12** puede tener una pendiente de divisor menor que el ángulo de la interfaz, como, por ejemplo, inferior a alrededor de **10** grados. Por ejemplo, en algunas modalidades, la pendiente de divisor para cada uno de los pares de divisores adyacentes **134** y **136**, **136** y **138**, y **138** y **140** puede ser inferior a alrededor de **10** grados. En algunas modalidades, una progresión de las pendientes de divisor de más de **20** grados a menos de **10** grados puede promover el flujo de suspensión desde el extremo de entrada **102** al extremo de salida **104** del separador **12**.

En algunas modalidades, las posiciones internas de al menos algunos de los divisores **120-140** pueden encontrarse generalmente en una trayectoria parabólica. Por ejemplo, en algunas modalidades, las posiciones internas de al menos cuatro de los divisores pueden estar generalmente en una trayectoria parabólica. Con referencia a la FIG. 2, en algunas modalidades, la posición interna de cada uno de los divisores **120-134** puede determinarse generalmente usando una función parabólica. Por ejemplo, en algunas modalidades, las posiciones internas pueden seguir la siguiente función parabólica:

$$r = -4,460851806 \cdot 10^{-4} x^2 + 5,533849361 \cdot 10^{-1} x + 440,0538903$$

donde r es la posición interna en mm y x es la posición axial en mm para cada uno de los divisores **120-136**. En algunas modalidades, la ecuación anterior puede ser cierta en menos de alrededor de **0,5 %** de la posición radial, por ejemplo, o en algunas modalidades, menos de alrededor de **1 mm**, por ejemplo, de manera que las posiciones internas de los divisores generalmente se encuentran en una trayectoria parabólica. En algunas modalidades, el uso de una trayectoria generalmente parabólica puede facilitar una separación de partículas por densidad mejorada. Por ejemplo, en algunas modalidades, el flujo de materiales/partículas puede facilitarse siguiendo una trayectoria lisa como lo proporciona un camino parabólico, por ejemplo, y esto puede resultar en una separación de partículas mejorada en comparación con una trayectoria que tiene cambios abruptos en la dirección del flujo, por ejemplo.

Con referencia a la FIG. 2, en algunas modalidades, la configuración de los retenedores **150-170** puede facilitar una separación de partículas por densidad mejorada. Por ejemplo, en algunas modalidades, los retenedores **150-170** pueden inclinarse hacia afuera más cerca del extremo de entrada **102** que cerca del extremo de salida **104** del separador **12**. En varias modalidades, esto puede permitir que los retenedores **150-170** mantengan una profundidad constante y puede facilitar la separación de partículas más grandes cerca del extremo de

entrada **102** y la separación de partículas más pequeñas cerca del extremo de salida **104**. En algunas modalidades, los retenedores **150-170** pueden tener profundidades comunes. Por ejemplo, en algunas modalidades, los retenedores **150-170** pueden tener profundidades mínimas comunes, medidas radialmente, de alrededor de **25 mm**.

En algunas modalidades, los volúmenes de retención más bajos pueden mejorar el grado de concentrado (p. ej., la cantidad de material objetivo frente a la cantidad total de material recolectado) ya que el material objetivo solo se puede recolectar en la superficie de los retenedores. Sin embargo, en algunas modalidades, se puede requerir una profundidad mínima para que el agua de las entradas de fluido no sople el material objetivo (por ejemplo, oro) fuera de la superficie de los retenedores. En consecuencia, en varias modalidades, se pueden emplear profundidades mínimas comunes. En varias modalidades, el uso de una profundidad de alrededor de **25 mm** en el separador **12** que se muestra en la FIG. **2** para facilitar la separación puede determinarse empíricamente como efectivo.

Haciendo referencia a la FIG. **2**, en algunas modalidades, cada uno de los retenedores **150-170** puede tener una posición de retenedor respectiva con respecto al eje de rotación. En algunas modalidades, la posición del retenedor para un retenedor puede definirse como la posición de la superficie central del retenedor (por ejemplo, la posición de la superficie del retenedor a medio camino entre los divisores adyacentes que definen el retenedor). En algunas modalidades, la posición del retenedor para un retenedor se puede definir como la posición o la posición promedio de la superficie más exterior del retenedor que se acopla con las partículas. En algunas modalidades, cada una de las posiciones del retenedor puede expresarse usando coordenadas y puede incluir una posición radial y una posición axial relativa. Por ejemplo, con referencia a la FIG. **3**, el retenedor **152** puede tener una posición de retenedor que incluye una posición radial mostrada en **290** y una posición axial de **0**. Con referencia todavía a la FIG. **3**, el retenedor **154** puede tener una posición de retenedor que incluye una posición radial

mostrada en **292** y una posición axial mostrada en **294**, medidas desde la posición axial del retenedor **152**.

En algunas modalidades, los retenedores **150-170** pueden incluir un primer par de retenedores adyacentes **152** y **154** y un segundo par de retenedores adyacentes **154** y **156**, el primer par de retenedores adyacentes más cerca del extremo de entrada **102** que el segundo par de retenedores adyacentes, en donde una pendiente de primer retenedor con respecto al eje de rotación entre posiciones de retenedores del primer par de retenedores adyacentes es mayor que la pendiente de un segundo retenedor con respecto al eje de rotación entre posiciones de retenedores del segundo par de retenedores adyacentes y en donde las pendientes del primer y segundo retenedores son cero o positivas. En algunas modalidades, esta relación de pendiente puede dar como resultado que los retenedores **152** y **154** se inclinen hacia afuera más que los retenedores **154** y **156**. En varias modalidades, esto puede permitir que los retenedores mantengan una profundidad constante y puede facilitar la separación de partículas más grandes cerca del extremo de entrada **102** y la separación de partículas más pequeñas cerca del extremo de salida **104**.

En algunas modalidades, la pendiente de retenedor para el par de retenedores adyacentes **152** y **154** puede determinarse utilizando la siguiente ecuación:

$$m_{ret} = \frac{r_{ret2} - r_{ret1}}{p_{ret2} - p_{ret1}}$$

donde r_{ret1} es la posición radial del retenedor **152**, r_{ret2} es la posición radial del retenedor **154**, p_{ret1} es la posición axial del retenedor **152**, y p_{ret2} es la posición axial del retenedor **154**.

Por ejemplo, en algunas modalidades, el retenedor **152** puede tener una posición radial de **290** y una posición axial de **0** mm. En algunas modalidades, el retenedor **154** puede tener una posición radial de **515** mm y una posición axial de **48** mm. En

algunas modalidades, el retenedor **154** puede tener una posición radial de **515** mm y una posición axial de **96** mm. En consecuencia, la pendiente de retenedor para el par de retenedores adyacentes **152** y **154** puede calcularse como alrededor de **0,500** o alrededor de **26,6** grados. En algunas modalidades, el retenedor **156** puede tener una posición radial de **536** mm y una posición axial de **144** mm. En consecuencia, la pendiente de retenedor para el par de retenedores adyacentes **154** y **156** puede calcularse como alrededor de **0,438** o alrededor de **23,6** grados. En consecuencia, en varias modalidades, la pendiente de retenedor para el par de retenedores adyacentes **152** y **154** puede ser mayor que la pendiente de retenedor para el par de retenedores adyacentes **154** y **156**.

En varias modalidades, los retenedores **158**, **160**, **162**, **164**, **166**, **168** y **170** pueden tener posiciones de retenedor (posición radial, posición axial) de alrededor de (**536** mm, **96** mm), (**556** mm, **145** mm), (**573** mm, **193** mm), (**589** mm, **241** mm), (**602** mm, **289** mm), (**610** mm, **340** mm), (**610** mm, **389** mm) y (**610** mm, **437** mm) respectivamente. En consecuencia, las pendientes del retenedor para pares de retenedores adyacentes **156** y **158**, **158** y **160**, **160** y **162**, **162** y **164**, **164** y **166**, **166** y **168**, y **168** y **170** pueden ser de alrededor de **0,408**, **0,354**, **0,333**, **0,271**, **0,157**, **0** y **0** respectivamente.

En consecuencia, en varias modalidades, las pendientes del retenedor pueden disminuir progresivamente desde el extremo de entrada **102** hasta el extremo de salida **104**. En varias modalidades, cada par de retenedores adyacentes que tiene una pendiente de retenedor que disminuye progresivamente puede facilitar una separación de partículas mejorada.

En algunas modalidades, el retenedor **150** puede tener una posición radial de **465** mm y una posición axial de **-48** mm. En consecuencia, la pendiente de retenedor para el par de retenedores adyacentes **150** y **152** puede calcularse como **0,542** o **28,4** grados.

En algunas modalidades, la pendiente de retenedor entre retenedores adyacentes **166** y **168** puede ser pequeña. Por ejemplo, en algunas modalidades, la pendiente de retenedor entre los retenedores adyacentes **166** y **168** puede ser inferior a alrededor de **10** grados. En algunas modalidades, la pendiente de retenedor puede ser de alrededor de cero o inferior a alrededor de **3** grados. En algunas modalidades, tener una pequeña pendiente de retención de al menos un par de retenedores adyacentes cerca del extremo de salida **104** puede facilitar la separación de partículas pequeñas cerca del extremo de salida. En algunas modalidades, la pendiente entre los retenedores adyacentes **168** y **170** también puede ser pequeña, de modo que hay dos pares de retenedores adyacentes que tienen una pendiente de retención de alrededor de cero cerca del extremo de salida **104**. En algunas modalidades, tener más de un par de retenedores adyacentes con una pequeña pendiente cerca del extremo de salida **104** puede facilitar una separación más eficiente de partículas pequeñas por parte del sistema **10**.

Con referencia a la FIG. **1**, en algunas modalidades, después de que el sistema **10** haya estado funcionando durante un período de tiempo de separación, durante el cual el separador **12** ha girado alrededor del eje de rotación **14** y las partículas se han acumulado dentro de los retenedores **150-170** (que se muestran en la FIG. **2**), el separador **12** puede dejar de girar y las partículas pueden recuperarse de los retenedores **150-170**. En varias modalidades, las partículas que permanecen en los retenedores **150-170** pueden incluir partículas que tienen una densidad más alta que las que fluyen hacia arriba desde el extremo de salida **104** del separador **12**. En algunas modalidades, el período de tiempo de separación puede ser de alrededor de **30** a **60** minutos, por ejemplo. En varias modalidades, el sistema **10** puede ejecutarse repetidamente, con la entrada de nuevas partículas en el separador **12** y el separador **12** girado alrededor del eje de rotación **14** para cada ejecución.

Modalidades de separadores

En varias modalidades, se pueden usar otros separadores o cuencos que facilitan una funcionalidad generalmente similar al separador **12** que se muestra en las FIG. **1-3** para facilitar la separación de partículas por densidad generalmente como se describe aquí con respecto al separador **12**.

Con referencia a la FIG. **4**, se muestra una parte de un sistema según varias modalidades, que puede incluir características funcionales generalmente similares al sistema **10** que se muestra en la FIG. **1** y se analiza anteriormente. Con referencia a la FIG. **4**, el sistema puede incluir un separador **302**, que puede funcionar generalmente de manera similar al separador **12** descrito anteriormente y mostrado en las FIG. **1-3**. En varias modalidades, el separador **302** puede ser más pequeño que el separador **12** y puede estar configurado para facilitar la separación de partículas por densidad con un rendimiento menor que el separador **12**.

En funcionamiento, el sistema puede incluir un motor que actúa como impulsor de rotación acoplado al separador **302** para hacer que el separador gire alrededor de un eje de rotación **304** durante el uso. En algunas modalidades, el sistema puede incluir una fuente de partículas en comunicación de partículas con un extremo de entrada **308** del separador **302** y configurado para proporcionar partículas mientras el separador gira alrededor del eje de rotación **304**. En varias modalidades, mientras que las partículas se proporcionan en el extremo de entrada **308**, el motor puede impulsar la rotación del separador **302** alrededor del eje de rotación **304**.

Haciendo referencia a la FIG. **4**, las partículas pueden ser impulsadas hacia el exterior hacia una superficie interior **306** del separador **302** mediante la rotación del separador **302** alrededor del eje de rotación **304**. Haciendo referencia a la FIG. **4**, la superficie interior **306** puede estar generalmente inclinada hacia afuera, lo que puede causar que las fuerzas centrífugas hacia afuera impulsen las partículas hacia arriba desde el extremo de entrada **308** hacia un extremo de salida **310** del separador **302**.

Haciendo referencia a la FIG. 4, la superficie interior **306** del separador **302** puede rodear el eje de rotación **304** y definir una trayectoria de partículas desde el extremo de entrada **308** hasta el extremo de salida **310** espaciado axialmente. En varias modalidades, la superficie interna **306** puede incluir divisores separados axialmente **320, 322, 324, 326, 328 y 330** que tienen posiciones internas respectivas, donde los divisores definen al menos en parte retenedores espaciados axialmente **340, 342, 344, 346, y 348** respectivos para recoger partículas durante la rotación del separador. En varias modalidades, cada uno de los retenedores **340-348** puede incluir entradas de fluido para fluidificar partículas en el retenedor durante el funcionamiento. Por ejemplo, el retenedor **340** puede incluir orificios o pasajes de fluido (p. ej., incluidos los que se muestran en **360 y 362**), que están en comunicación fluida con un depósito de fluido **370**. En funcionamiento, el agua puede mantenerse bajo presión en el depósito de fluido **370** y la presión del agua puede hacer que el agua fluya a través de las entradas de fluido hacia los retenedores **340-348**.

En algunas modalidades, los divisores **320-330** pueden incluir un primer par de divisores adyacentes **320 y 322** y un segundo par de divisores adyacentes **322 y 324**, el primer par de divisores adyacentes más cerca del extremo de entrada **308** que el segundo par de divisores adyacentes. En varias modalidades, una pendiente de primer divisor con respecto al eje de rotación entre las posiciones internas del primer par de divisores adyacentes **320 y 322** puede ser mayor que una pendiente de segundo divisor con respecto al eje de rotación entre las posiciones internas del segundo par de divisores adyacentes **322 y 324**. Cada una de las pendientes de primer y segundo divisor pueden ser pendientes no negativas, que en algunas modalidades pueden fomentar el flujo de partículas desde el extremo de entrada **308** hasta el extremo de salida **310**.

En varias modalidades, la diferencia de pendientes entre el primer par de divisores adyacentes y el segundo par de divisores adyacentes puede facilitar una mejor

separación de partículas por densidad al menos por las razones proporcionadas anteriormente con respecto al separador **12** que se muestra en las FIG. **1-3**.

Con referencia a la FIG. **4**, en varias modalidades, los divisores **320**, **322**, **324**, **326**, **328** y **330** pueden tener posiciones internas (posición radial, posición axial) de alrededor de (**131 mm**, **0 mm**), (**143 mm**, **30 mm**), (**155 mm**, **66mm**), (**164 mm**, **99 mm**), (**170 mm**, **134 mm**) y (**175 mm**, **174,5 mm**). En consecuencia, en varias modalidades, las pendientes entre pares adyacentes de divisores **320** y **322**, **322** y **324**, **324** y **326**, **326** y **328**, y **328** y **330** pueden ser de alrededor de **0,400**, **0,333**, **0,273**, **0,171** y **0,123** respectivamente. En varias modalidades, cada par de divisores adyacentes que tiene una pendiente de divisor que disminuye progresivamente puede facilitar una separación de partículas mejorada, por ejemplo, como se describe anteriormente con respecto al separador **12** que se muestra en las FIG. **1-3**.

En algunas modalidades, las posiciones internas de los divisores **320**, **322**, **324**, **326**, **328** y **330** pueden estar en una trayectoria parabólica, como por ejemplo, la trayectoria parabólica definida por la siguiente función:

$$r = -1,040500288 \cdot 10^{-3} x^2 + 4,331438342 \cdot 10^{-1} x + 130,9909349$$

donde r es la posición interior en mm y x es la posición axial en mm para cada uno de los divisores **320-330**.

Todavía con referencia a la FIG. **4**, en varias modalidades, la configuración de los retenedores **340-348** puede facilitar una separación de partículas por densidad mejorada. Por ejemplo, en algunas modalidades, los retenedores **340-348** pueden inclinarse más hacia afuera para retenedores adyacentes cerca del extremo de entrada **308** que para retenedores adyacentes cerca del extremo de salida **310** del separador **302**. En varias modalidades, los retenedores **340-348** pueden tener posiciones de retención (posición radial, posición axial) de alrededor de (**158 mm**, **0 mm**), (**170 mm**, **34 mm**), (**181 mm**, **68 mm**), (**189 mm**, **102 mm**) y (**195 mm**, **136**

mm) respectivamente. En consecuencia, en varias modalidades, las pendientes de los retenedores para pares de retenedores adyacentes **340 y 342**, **342 y 344**, **344 y 346**, y **346 y 348** pueden ser de alrededor de **0,353**, **0,324**, **0,235** y **0,176** respectivamente. En varias modalidades, cada par de retenedores adyacentes que tiene una pendiente de retenedor que disminuye progresivamente puede facilitar una separación de partículas mejorada.

Con referencia ahora a la FIG. 5, se muestra una parte de un sistema según varias modalidades, que pueden incluir características funcionales generalmente similares al sistema **10** que se muestra en la FIG. 1 y se analiza en la presente. Con referencia a la FIG. 5, el sistema puede incluir un separador **452**, que puede funcionar generalmente de manera similar a los separadores **12** y **302** descritos anteriormente y mostrados en las FIG. 1-3 y 4.

En algunas modalidades, el sistema puede incluir un motor que actúa como impulsor de rotación acoplado al separador **452** para hacer que el separador gire alrededor de un eje de rotación **454** durante el uso. En algunas modalidades, el sistema puede incluir una fuente de partículas en comunicación de partículas con un extremo de entrada **458** del separador **452** y configurado para proporcionar partículas mientras el separador gira alrededor del eje de rotación **454**. En varias modalidades, mientras que las partículas se proporcionan en el extremo de entrada **458**, el motor puede impulsar la rotación del separador **452** alrededor del eje de rotación **454**.

Haciendo referencia a la FIG. 5, las partículas pueden ser impulsadas hacia el exterior hacia una superficie interior **456** del separador **452** mediante la rotación del separador **452** alrededor del eje de rotación **454**. Haciendo referencia a la FIG. 5, la superficie interior **456** puede estar generalmente inclinada hacia afuera, lo que puede causar que las fuerzas centrífugas hacia afuera impulsen las partículas hacia arriba desde el extremo de entrada **458** hacia un extremo de salida **460** del separador **452**.

Haciendo referencia a la FIG. 5, la superficie interior **456** del separador **452** puede rodear el eje de rotación **454** y definir una trayectoria de partículas desde el extremo de entrada **458** hasta el extremo de salida **460** espaciado axialmente. En varias modalidades, la superficie interna **456** puede incluir divisores separados axialmente **470, 472, 474, 476, 478 y 480** que tienen posiciones internas respectivas, donde los divisores definen al menos en parte retenedores espaciados axialmente **490, 492, 494, 496, y 498** respectivos para recoger partículas durante la rotación del separador. En varias modalidades, cada uno de los retenedores **490-498** puede incluir entradas de fluido para fluidificar partículas en el retenedor durante el funcionamiento. Por ejemplo, el retenedor **340** puede incluir orificios o pasajes de fluido (p. ej., incluidos los que se muestran en **510 y 512**), que están en comunicación fluida con un depósito de fluido **520**.

En algunas modalidades, los divisores **470-480** pueden incluir un primer par de divisores adyacentes **470 y 472** y un segundo par de divisores adyacentes **472 y 474**, el primer par de divisores adyacentes más cerca del extremo de entrada **458** que el segundo par de divisores adyacentes. En varias modalidades, una pendiente de primer divisor con respecto al eje de rotación entre las posiciones internas del primer par de divisores adyacentes **470 y 472** puede ser mayor que una pendiente de segundo divisor con respecto al eje de rotación entre las posiciones internas del segundo par de divisores adyacentes **472 y 474**. Cada una de las pendientes de primer y segundo divisor pueden ser pendientes no negativas, que en algunas modalidades pueden fomentar el flujo de partículas desde el extremo de entrada **458** hasta el extremo de salida **460**.

En varias modalidades, la diferencia de pendientes entre el primer par de divisores adyacentes y el segundo par de divisores adyacentes puede facilitar una mejor separación de partículas por densidad al menos por las razones proporcionadas anteriormente con respecto al separador **12** que se muestra en las FIG. **1-3**.

Con referencia a la FIG. 5, en varias modalidades, el divisor **470** puede tener una posición interna (correspondiente al punto más interno del divisor **470**) de alrededor de (**129 mm, 0 mm**). En varias modalidades, los divisores **470, 472, 474, 476, 478 y 480** pueden tener posiciones internas (posición radial, posición axial relativa) de alrededor de (**129 mm, 0 mm**), (**153 mm, 48 mm**), (**162 mm, 80 mm**), (**168 mm, 112 mm**), (**171 mm, 142 mm**) y (**171 mm, 178 mm**). En consecuencia, en varias modalidades, las pendientes entre pares adyacentes de divisores **470 y 472, 472 y 474, 474 y 476, 476 y 478, y 478 y 480** pueden ser de alrededor de **0,500, 0,281, 0,188, 0,100 y 0** respectivamente.

En varias modalidades, cada par de divisores adyacentes que tiene una pendiente de divisor que disminuye progresivamente puede facilitar una separación de partículas mejorada, por ejemplo, como se describe anteriormente con respecto al separador **12** que se muestra en las FIG. **1-3**.

Como se analizó anteriormente, en algunas modalidades, tener una pendiente de divisor pequeña, que puede ser alrededor de cero, por ejemplo, cerca del extremo de salida **460** después de que las pendientes divisorias disminuyan progresivamente puede facilitar la captura y/o separación de partículas finas cerca del extremo de salida **460**.

Todavía con referencia a la FIG. 5, en varias modalidades, la configuración de los retenedores **490-498** puede facilitar una separación de partículas por densidad mejorada. Por ejemplo, en algunas modalidades, los retenedores **490-498** pueden inclinarse más hacia afuera para retenedores adyacentes cerca del extremo de entrada **458** que para retenedores adyacentes cerca del extremo de salida **460** del separador **452**. En varias modalidades, los retenedores **490-498** pueden tener posiciones de retención (posición radial, posición axial relativa) de alrededor de (**167 mm, 0 mm**), (**182 mm, 32 mm**), (**187 mm, 63 mm**), (**187 mm, 94 mm**) y (**187 mm, 123 mm**) respectivamente. En consecuencia, en varias modalidades, las pendientes para pares de retenedores adyacentes **490 y 492, 492 y 494, 494 y 496, y 496 y 498**

pueden ser de alrededor de **0,469**, **0,161**, **0** y **0** respectivamente. En varias modalidades, cada par de retenedores adyacentes que tiene una pendiente de retenedor que disminuye progresivamente puede facilitar una separación de partículas mejorada.

En algunas modalidades, la pendiente de retenedor para al menos un par de retenedores adyacentes puede ser pequeña. Por ejemplo, en algunas modalidades, la pendiente de retenedor puede ser inferior a alrededor de **10** grados. En algunas modalidades, la pendiente de retenedor puede ser de alrededor de **0** o inferior a alrededor de **3** grados. Por ejemplo, en algunas modalidades, puede haber una pendiente de retenedor de alrededor de **0** para los retenedores **494** y **496** y **496** y **498**. En algunas modalidades, la pendiente de retenedor puede ser alrededor de cero para al menos un retenedor cerca del extremo de salida **460**. En algunas modalidades, esto puede ayudar a facilitar una mejor separación de partículas finas en los retenedores **494**, **496** y **498** cerca del extremo de salida **460**.

Modalidades varias

En algunas modalidades, algunas pendientes de divisor pueden ser negativas, por ejemplo, cerca del extremo de salida **104** del separador **12**.

En algunas modalidades, los separadores **12**, **302** y/o **452** que se muestran en las FIG. **2**, **4** y **5** pueden incluir distintas partes o porciones acopladas entre sí. Por ejemplo, en algunas modalidades, las superficies internas **100**, **306** y/o **456** pueden estar hechas de dos o más partes distintas que pueden acoplarse para formar una superficie generalmente continua.

En algunas modalidades, dos pares de divisores adyacentes, para los cuales se pueden comparar las pendientes de divisor, pueden incluir un divisor común. En algunas modalidades, dos pares de divisores adyacentes, para los cuales se pueden comparar las pendientes de divisor, pueden incluir solo divisores distintos.

En algunas modalidades, dos pares de retenedores adyacentes, para los cuales se pueden comparar las pendientes del retenedor, pueden incluir un retenedor común. En algunas modalidades, dos pares de retenedores adyacentes, para los cuales se pueden comparar las pendientes del retenedor, pueden incluir solo retenedores distintos.

Si bien se han descrito e ilustrado modalidades específicas de la presente descripción, dichas modalidades deben considerarse ilustrativas de la presente descripción solamente y no como limitantes de la presente descripción según se interpreta conforme a las reivindicaciones adjuntas.