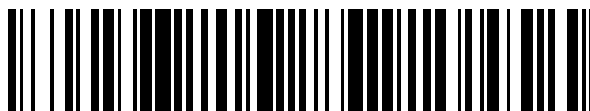


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 891 098**

51 Int. Cl.:

B03C 5/00 (2006.01)
B01D 21/00 (2006.01)
B03D 1/02 (2006.01)
B03C 5/02 (2006.01)
B03C 1/01 (2006.01)
B03C 1/30 (2006.01)
B03C 1/28 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **22.05.2013 PCT/US2013/042202**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **28.11.2013 WO13177267**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.05.2013 E 13794696 (8)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.07.2021 EP 2852465**

54 Título: **Esferas y/o burbujas poliméricas diseñadas con carga funcionalizadas con moléculas para atraer y fijar partículas de minerales de interés para la separación por flotación**

30 Prioridad:

22.05.2012 US 201261650210 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
26.01.2022

73 Titular/es:

**CIDRA CORPORATE SERVICES, INC. (100.0%)
50 Barnes Park North
Wallingford, CT 06492, US**

72 Inventor/es:

DAVIS, MICHAEL A.

74 Agente/Representante:

MARTÍN SANTOS, Victoria Sofia

ES 2 891 098 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

5 Esferas y/o burbujas poliméricas diseñadas con carga funcionalizadas con moléculas para atraer y fijar partículas de minerales de interés para la separación por flotación

Antecedentes de la invención

10
1. Campo técnico

15 La presente invención se refiere en general a un procedimiento y a un aparato para separar material de valor del material no deseado en una mezcla, como por ejemplo en una suspensión de pulpa.

2. Descripción de la técnica relacionada

20 En muchos procesos industriales, la flotación se utiliza para separar material con valor del material no deseado. Tradicionalmente, el proceso de flotación utiliza un colector de minerales específico con una cola hidrófoba que permite que la pareja colector-mineral se adhiera a una burbuja de aire.

25 En particular, los procesos de flotación actuales suelen utilizar burbujas para proporcionar una capacidad de separación utilizando la flotabilidad del aire. En tales procesos, se puede colocar una mezcla de agua, material con valor, material no deseado, sustancias químicas y aire dentro de una celda de flotación. Mediante reacciones químicas, las partículas deseadas se unen a una burbuja, y la burbuja se utiliza para hacer flotar las partículas en la parte superior del tanque mientras que el otro material no deseado se hacia el fondo. Las sustancias químicas se
 30 utilizan para hacer que el material deseado sea hidrófobo, y el aire se utiliza para llevar el material a la superficie de la celda de flotación. Cuando el material hidrófobo y las burbujas de aire chocan, se unen entre sí. La burbuja sube hacia la superficie llevando consigo el material.

35 Sin embargo, el funcionamiento de la celda de flotación es dependiente del flujo del área superficial de la burbuja en la zona de recolección de la celda. El flujo de área superficial de las burbujas es dependiente del tamaño de las burbujas y de la velocidad de inyección de aire. Controlar el flujo del área superficial de las burbujas ha sido habitualmente muy difícil. Este es un problema de control multivariable y no existen mecanismos de retroalimentación en tiempo real, fiables para utilizarse para el control.

40 Por estas razones, existe la necesidad en la industria de proporcionar una mejor manera de separar el material con valor del material no deseado, por ejemplo, incluso en una celda de flotación de este tipo, para eliminar los problemas asociados con el uso de burbujas de aire en un proceso de separación de este tipo. Además, se han desarrollado diferentes procedimientos que aprovechan los materiales concebidos para la separación. Por ejemplo, mediante el uso de un material concebido que atrae las partículas, se puede usar una variedad de medios de
 45 separación, que pueden controlarse mucho más fácilmente y pueden conducir a un proceso de recuperación más eficiente. Por ejemplo, en el documento WO2011064757 se describe un proceso que usa partículas magnéticas en presencia de al menos un medio de dispersión para formar aglomerados magnéticos para la flotación mineral.

Sumario de la invención

50 Según la presente invención, se proporciona una técnica de uso de un campo eléctrico, por ejemplo, en relación con un proceso de flotación utilizado para separar material con valor o deseado del material no deseado.

55 El objeto de la presente invención es un aparato según la reivindicación 1 y un procedimiento según la reivindicación 14. Las realizaciones de la invención se reivindican en las respectivas reivindicaciones dependientes.

60 Según la presente invención, un colector de minerales se puede incrustar en un polímero que tenga una fuerte carga eléctrica. Se pueden usar polímeros tales como, por ejemplo, polietilimina que están diseñados para tener una alta carga para recolectar un mineral con valor y luego manipularlos fácilmente a través de campos eléctricos. En un ejemplo, se puede configurar un tanque de flotación entre una placa de metal con carga negativa superior y una placa de metal con carga positiva en la parte inferior y se puede llenar con una solución o suspensión [lechada] que
 65 tenga polímeros cargados positivamente, colectores incrustados y una suspensión mineral. La placa de metal superior con la nueva carga negativa se configura, dispone o coloca sobre la solución o suspensión en el tanque de flotación, y la placa de metal inferior con la carga positiva se configura, dispone o coloca debajo de la solución o suspensión. La solución o suspensión de polímeros de carga configurada con los colectores incrustados y la

suspensión mineral se separa debido al campo eléctrico creado por las placas cargadas superior e inferior, de modo que los polímeros cargados positivamente migrarán hacia la parte superior del tanque de flotación donde, junto con el mineral de interés, se pueden recolectar. Una ventaja clave de este proceso de separación basado en cargas es que la ubicación y la velocidad de los polímeros / minerales se pueden manipular fácilmente. Una carga o voltaje mayor entre las placas atraerá partículas con menor carga y hará que las partículas se muevan más rápidamente a través de la suspensión. Además, una vez que las placas están cargadas, actuarán como un condensador, ya que los polímeros nunca llegan a las placas y, por lo tanto, la carga no se disipará. Potencialmente, puede conducir a un proceso de separación de muy baja potencia o energía. El aparato de esta invención presenta una esfera sintética que tiene un cuerpo en fase sólida con una superficie, y que está configurada con una carga eléctrica predeterminada para responder a un campo eléctrico predeterminado correspondiente; y una pluralidad de moléculas unidas a al menos parte de la superficie, comprendiendo las moléculas un grupo funcional seleccionado para atraer y unir una o más partículas minerales de interés a las moléculas, en el que el grupo funcional está configurado para provocar que la superficie sea hidrófoba, en el que la superficie está hecha de un polímero funcionalizado con las moléculas, y en el que el polímero se selecciona de un grupo que consiste en poli (dimetilsiloxano), polisiloxanatos, copolímero de silicona alquídica y fluoroalquilsilano.

El cuerpo en fase sólida se puede configurar a partir de un polímero.

El polímero puede ser polietilénimina, incluido uno diseñado o configurado para estar altamente cargado para sea utilizado para recolectar las partículas minerales de interés y luego manipulado a través y por el correspondiente campo eléctrico predeterminado.

El aparato también puede incluir un tanque de flotación configurado entre una placa de metal con carga superior que tiene una primera polaridad y una placa de metal con carga inferior que tiene una segunda polaridad opuesta a la primera polaridad, y también configurada para llenarse y contener una solución o suspensión que tiene esferas sintéticas en forma de polímeros cargados que tienen la primera polaridad, colectores incrustados y una suspensión mineral que tiene las partículas minerales de interés, la placa de metal con carga superior y la placa de metal con carga inferior están configuradas para generar el correspondiente campo eléctrico predeterminado en la suspensión mineral para manipular los polímeros cargados. La placa de metal con carga superior y la placa de metal con carga inferior pueden configurarse para hacer que los polímeros cargados, junto con una o más partículas minerales de interés que puedan estar unidas a las mismas, migren a través de la suspensión mineral hacia la placa de metal con carga superior, con base al menos aunque sea parcialmente en el campo eléctrico predeterminado.

La placa de metal superior puede configurarse con una carga negativa y configurarse, disponerse o colocarse sobre el tanque de flotación, la placa de metal con carga inferior se configura con una carga positiva y, se configura, dispone o ubica debajo del tanque de flotación, y los polímeros cargados están configurados con una carga positiva correspondiente.

En efecto, la presente invención proporciona técnicas de separación de minerales nuevas y únicas que utilizan esferas sintéticas o burbujas funcionalizadas con moléculas para atraer o unir partículas de minerales de interés deseadas y/o seleccionadas, que incluyen esferas o burbujas de polímero a con carga eléctrica, basadas en tamaño, peso, magnetismo y/o densidad. Las esferas o burbujas de polímero también pueden configurarse para tener alguna combinación de estas características o funciones, por ejemplo, que incluyen esferas o burbujas poliméricas con combinaciones de dos características o funciones como las basadas en la carga eléctrica y en el tamaño, o basadas en la carga eléctrica y en el peso, o basadas en la carga eléctrica y magnetismo, o basadas en la carga eléctrica y la densidad; o incluyendo esferas o burbujas poliméricas con combinaciones de tres características o funciones como basadas en la carga eléctrica, el tamaño y en el peso, o basadas en carga eléctrica, en el tamaño y magnetismo, basadas en la cargada eléctrica, el tamaño y la densidad, etc., o incluyendo combinaciones de cuatro o cinco características o funciones.

Con el fin de describir la presente invención, la esfera o burbuja sintética también puede denominarse en la presente memoria esfera sintética o burbuja sintética.

Según algunas realizaciones de la presente invención, el cuerpo en fase sólida puede estar hecho de un material sintético que comprende las moléculas. A modo de ejemplo, el material sintético se puede seleccionar de un grupo formado por poliamidas (nailon), poliésteres, poliuretanos, fenol-formaldehído, ureaformaldehído, melamina-formaldehído, poliacetato, polietileno, poliisobutileno, poliacrilonitrilo, poli (cloruro de vinilo), poliestireno, poli (metacrilatos de metilo), poli (acetato de vinilo), poli (cloruro de vinilideno), poliisopreno, polibutadieno, poliácridatos, poli (carbonato), resina fenólica y polidimetilsiloxano.

Según algunas realizaciones de la presente invención, el cuerpo en fase sólida puede incluir una cubierta que proporciona la superficie, la cubierta está hecha de un material sintético que comprende las moléculas.

Según algunas realizaciones de la presente invención, la esfera sintética se puede configurar para atraerse o unirse a las partículas minerales, por ejemplo, en una mezcla acuosa, y la cubierta puede comprender una parte interior dispuesta para encapsular un elemento gaseoso de manera que la esfera sintética tiene una densidad menor que la mezcla acuosa.

De acuerdo con algunas realizaciones de la presente invención, la esfera sintética se puede configurar para atraerse o unirse a las partículas minerales, por ejemplo, en una mezcla acuosa, y la cubierta puede comprender una parte interior dispuesta para encapsular un líquido que tiene una propiedad química diferente de la mezcla acuosa.

5 Según algunas realizaciones de la presente invención, la esfera sintética se puede configurar para atraerse o unirse a las partículas minerales, por ejemplo, en una mezcla acuosa, y la cubierta puede comprender una parte interior dispuesta para encapsular un material en fase sólida diferente de la capa sintética, y el material en fase sólida se puede seleccionar para que controle la densidad de la esfera sintética en relación con la densidad de la mezcla acuosa.

Según algunas realizaciones de la presente invención, la cubierta puede comprender una parte interior configurada para encapsular un material magnético.

15 Según algunas realizaciones de la presente invención, la cubierta puede comprender una parte interior configurada para encapsular un material en fase sólida diferente del material sintético.

20 De acuerdo con algunas realizaciones de la presente invención, el cuerpo en fase sólida puede comprender un núcleo y un revestimiento sobre el núcleo para proporcionar la superficie, y el revestimiento puede estar hecho de un material sintético y el núcleo está hecho de un material de núcleo diferente al del material sintético. A modo de ejemplo, el material del núcleo se puede seleccionar de un grupo que consiste en vidrio, cerámica, metal y un polímero que sea diferente del material sintético. El término "polímero" en esta especificación se entiende que significa una molécula grande hecha de muchas unidades de la misma estructura o similar unidas entre sí.

25 Según algunas realizaciones de la presente invención, la superficie del cuerpo en fase sólida puede comprender estructuras físicas configuradas para atrapar las partículas minerales. A modo de ejemplo, las estructuras físicas pueden incluir ranuras o abolladuras o estructuras similares al cabello.

30 Según algunas realizaciones de la presente invención, las partículas minerales pueden tener un tamaño máximo y el cuerpo en fase sólida puede tener un tamaño corporal mayor que el tamaño máximo. Alternativamente, las partículas minerales pueden tener un tamaño mínimo y el cuerpo en fase sólida puede tener un tamaño corporal menor que el tamaño mínimo.

35 Según algunas realizaciones de la presente invención, el grupo funcional puede ser aniónico para atraer o unir las partículas minerales a la superficie.

Según algunas realizaciones de la presente invención, el grupo funcional puede adoptar la forma de un colector que sea iónico o no iónico.

40 Según algunas realizaciones de la presente invención, el ión puede ser aniónico o catiónico. En otras palabras, el colector puede ser aniónico o catiónico. El anión comprende un oxihidrilo, que incluye carboxílico, sulfatos y sulfonatos, y enlace sulfhidral.

45 Según algunas realizaciones de la presente invención, el grupo funcional puede tener un enlace covalente para atraer o unir las partículas minerales a la superficie.

De acuerdo con algunas realizaciones de la presente invención, las esferas sintéticas se pueden configurar con un tamaño dependiendo de la aplicación particular, o dependiendo del tamaño particular de la partícula mineral de interés.

50 Según algunas realizaciones de la presente invención, las esferas sintéticas pueden configurarse con un tamaño sustancialmente mayor que las partículas minerales, con una o más partículas minerales capaces de unirse a una esfera. Además de acuerdo con la invención, las esferas también se pueden configurar para tener una flotabilidad positiva para aplicaciones relacionadas con celdas de flotación. Según una realización adicional de la invención, la esfera se puede configurar para tener una flotabilidad neutra o negativa para que seleccione y separe las partículas minerales.

55 Según algunas realizaciones de la presente invención, las esferas sintéticas pueden configurarse con un tamaño sustancialmente más pequeño que las partículas minerales, con una o más esferas capaces de unirse a una partícula mineral. Según la invención, las esferas también pueden configurarse para tener flotabilidad positiva para aplicaciones relacionadas con celdas de flotación. Según una realización adicional de la invención, la esfera se puede configurar para que tenga flotabilidad neutra o negativa para seleccionar y separar las partículas minerales.

60 Según algunas realizaciones de la presente invención, las esferas sintéticas se pueden configurar con un tamaño sustancialmente mayor que las partículas minerales, con solo una parte de la superficie de la esfera funcionalizada para que sea atrayente y se una a una o más partículas minerales. Según la invención, las esferas también pueden configurarse para tener flotabilidad positiva para aplicaciones relacionadas con celdas de flotación. Según una

65

realización adicional de la invención, la esfera puede configurarse para tener flotabilidad neutra o negativa para que seleccione y separe las partículas minerales.

5 De acuerdo con algunas realizaciones de la presente invención, las esferas sintéticas se pueden configurar con una pluralidad de distribución de su tamaño, algunas de tamaño sustancialmente más pequeñas que las partículas minerales, algunas sustancialmente del mismo tamaño que las partículas minerales y algunas sustancialmente más grandes que las partículas minerales.

10 De acuerdo con algunas realizaciones de la presente invención, las esferas sintéticas se pueden configurar con un tamaño inferior a 100 μm para atraer a las partículas minerales, por ejemplo, tener un tamaño sustancialmente similar, un tamaño menor o un tamaño mayor, incluso en aplicaciones relacionadas con celdas de flotación. Alternativamente, de acuerdo con algunas realizaciones de la presente invención, las esferas sintéticas pueden configurarse con un tamaño en un rango de aproximadamente 1 mm a 10 mm para que se unan a las partículas minerales, incluso en aplicaciones relacionadas con un estanque de relaves. Además, de acuerdo con algunas
15 realizaciones de la presente invención, las esferas sintéticas también pueden configurarse con un tamaño de aproximadamente 100 μm para que se unan a las partículas minerales, por ejemplo, que tengan un tamaño sustancialmente similar; o las esferas sintéticas se pueden configurar con un tamaño en un intervalo de aproximadamente 50-500 μm para atraer a las partículas minerales, por ejemplo, que tengan un tamaño sustancialmente similar, un tamaño más pequeño o un tamaño mayor; o las esferas sintéticas se pueden configurar
20 con un tamaño de aproximadamente 200 μm para atraer a las partículas minerales, por ejemplo, que tengan un tamaño sustancialmente similar.

Según algunas realizaciones de la presente invención, las esferas sintéticas se pueden configurar con un tamaño en un intervalo de aproximadamente 100 μm a 10 mm para atraer las partículas minerales.

25

El procedimiento

30 Un procedimiento de esta invención para producir una esfera sintética comprende las etapas de proporcionar una esfera o burbuja sintética que tiene un cuerpo en fase sólida con una superficie y que está configurada con una carga eléctrica predeterminada para responder a un campo eléctrico predeterminado correspondiente; y unir una pluralidad de moléculas a la superficie, las moléculas comprenden un grupo funcional seleccionado para atraer una o más partículas minerales de interés a las moléculas, en donde el grupo funcional está configurado para hacer que
35 la superficie sea hidrófoba, en donde la superficie está hecha de un polímero funcionalizado con las moléculas, y en el que el polímero se selecciona de un grupo que consiste en poli (dimetilsiloxano), polisiloxanatos, copolímero de silicona alquídica y fluoroalquilsilano.

40 El procedimiento puede incluir una o más de las etapas o características adicionales que se detallan a continuación:

- El procedimiento puede incluir configurar alguna combinación del cuerpo en fase sólida o la superficie de un polímero.
- El polímero puede ser polietilenimina.
- El procedimiento puede incluir manipular o configurar la polietilenimina para que esté muy cargada de modo que se utilice para recoger las partículas minerales de interés y luego manipularlas a través y mediante el correspondiente campo eléctrico predeterminado.

45

El procedimiento puede incluir lo siguiente:

- configurar un tanque de flotación entre una placa de metal con carga superior que tiene una primera polaridad y una placa de metal con carga inferior que tiene una segunda polaridad opuesta a la primera polaridad;
- configurar el tanque de flotación para que se llene y contenga una solución o suspensión que tenga esferas sintéticas en forma de polímeros cargados que tengan la primera polaridad, colectores
55 incrustados y una suspensión mineral que tenga las partículas minerales de interés; y
- configurar la placa de metal con carga superior y la placa de metal con carga inferior para generar el correspondiente campo eléctrico predeterminado en la suspensión mineral con el fin de manipular los polímeros cargados.

60 El procedimiento puede incluir configurar la placa de metal con carga superior y la placa de metal con carga inferior para hacer que los polímeros cargados, junto con una o más partículas minerales de interés que puedan estar unidas a las mismas, migren a través de la suspensión mineral a la placa de metal con carga superior, basado al menos en parte, en el campo eléctrico predeterminado.

65 El procedimiento puede incluir comprende

- configurar la placa superior de metal con carga negativa;

- configurar, disponer o colocar la placa de metal superior sobre el tanque de flotación;
- configurar la placa de metal con carga inferior con una carga positiva;
- configurar, disponer o ubicar la placa de metal con carga inferior por debajo del tanque de flotación; y
- configurar los polímeros cargados con una carga positiva correspondiente.

5

Esferas / burbujas sintéticas funcionalizadas con materiales a base de polímeros

10 De acuerdo con algunas realizaciones, la presente invención puede adoptar la forma de un aparato para usar en, o formar parte de, un proceso de separación que se implementará con la tecnología de un procesador de separación, en donde el aparato presenta burbujas o esferas sintéticas configuradas con un material de polímero o una base de polímero funcionalizado para adherirse a un material con valor en una mezcla para formar burbujas sintéticas enriquecidas o esferas que tienen el material con valor adherido al mismo, y también configurada para separarse de la mezcla basándose, al menos en parte, en una diferencia en una propiedad física entre las burbujas o esferas sintéticas enriquecidas que tienen el material con valor unido a las mismas y la mezcla.

15 El proceso de separación se puede implementar con la tecnología del procesador de separación que combina las burbujas o esferas sintéticas y la mezcla, y que proporciona las burbujas o esferas sintéticas enriquecidas que tienen el material con valor adherido a las mismas que se separan de la mezcla en base al menos en parte, a la diferencia de la propiedad física entre las burbujas o esferas sintéticas enriquecidas que tienen el material con valor unido a las mismas y la mezcla.

25 ***Separación basada en el tamaño***

El proceso de separación puede implementarse usando separación basada en tamaños, en donde las burbujas o esferas sintéticas se pueden configurar para separarse de la mezcla en base al menos en parte a la diferencia entre el tamaño de las burbujas sintéticas enriquecidas o esferas que tienen el material con valor adherido a ellas en relación con el tamaño del material no deseado en la mezcla.

De acuerdo con algunas realizaciones de la presente invención, las burbujas o esferas sintéticas pueden configurarse de modo que el tamaño de las burbujas o esferas sintéticas sea mayor que el tamaño máximo de partícula de mineral triturado en la mezcla, o para que el tamaño de las burbujas sintéticas o esferas es menor que un tamaño mínimo de partícula de mineral molido en la mezcla.

Según algunas realizaciones de la presente invención, las burbujas o esferas sintéticas se pueden configurar como burbujas o esferas de polímero sólido.

Según algunas realizaciones de la presente invención, las burbujas o esferas sintéticas se pueden configurar con un material de núcleo de arena, sílice u otro material adecuado y también configurarse con una encapsulación de polímero.

45 ***Separación basada en el peso***

El proceso de separación se puede implementar usando separación basada en el peso, en donde las burbujas o esferas sintéticas están configuradas para separarse de la mezcla en base al menos en parte, a la diferencia entre el peso de las burbujas sintéticas enriquecidas o esferas que tienen el material con valor adherido a ellas en relación con el peso del material no deseado en la mezcla.

De acuerdo con algunas realizaciones de la presente invención, las burbujas o esferas sintéticas se pueden configurar de modo que el peso de las burbujas o esferas sintéticas sea mayor que el peso máximo de las partículas de mineral triturado en la mezcla, o para que el peso de las burbujas o esferas sintéticas esferas sea menor que el peso mínimo de partícula de mineral molido en la mezcla.

Según algunas realizaciones de la presente invención, las burbujas o esferas sintéticas se pueden configurar como burbujas o esferas de polímero sólido.

Según algunas realizaciones de la presente invención, las burbujas o esferas sintéticas se pueden configurar con un material de núcleo de magnetita, aire u otro material adecuado y también configurarse con una encapsulación de polímero.

65

Separación basada en el magnetismo

5 El proceso de separación se puede implementar usando separación de basada en el magnetismo, en donde las burbujas sintéticas o esferas se pueden configurar para separarse de la mezcla basándose al menos en parte en la diferencia entre el para, ferri, ferro-magnetismo de las burbujas o esferas sintéticas enriquecidas que tienen el material con valor unido a las mismas en relación con el para-, ferri, ferro-magnetismo del material no deseado en la mezcla.

10 Según algunas realizaciones de la presente invención, las burbujas o esferas sintéticas pueden configurarse de modo que el para-, ferri-, ferro-magnetismo de las burbujas o esferas sintéticas sea mayor que el para-, ferri-, ferro-magnetismo del partículas de mineral molido no deseadas en la mezcla.

15 Según algunas realizaciones de la presente invención, las burbujas o esferas sintéticas se pueden configurar con un núcleo ferromagnético o ferriomagnético que se atraen y se adhieren a las superficies paramagnéticas y también se pueden configurar con una encapsulación polimérica.

Separación basada en densidad

20 El proceso de separación puede implementarse usando separación basada en la densidad, en donde las burbujas o esferas sintéticas se pueden configurar para separarse de la mezcla basándose, al menos en parte, en la diferencia entre la densidad de las burbujas o esferas sintéticas enriquecidas que tienen el material con valor adherido a ellas y la densidad de la mezcla, consistente con lo desvelado en la solicitud de patente número PCT/US 12/39528 (WO2012/166580 A1). Alternativamente, de acuerdo con algunas realizaciones de la presente invención, las burbujas o esferas sintéticas pueden configurarse para que sean huecas y tengan sustancialmente la misma densidad que la mezcla para que estén al menos parcialmente suspendidas y separadas usando otras técnicas, incluyendo el magnetismo, o incluyendo calentándolas para cambiar la densidad de las burbujas o esferas sintéticas con respecto a la mezcla.

30

Breve descripción de los dibujos

35 Con referencia ahora a los dibujos, que no están dibujados a escala, las características y ventajas anteriores y otras de la presente invención se entenderán más completamente a partir de la siguiente descripción detallada de las ilustraciones de las realizaciones, que tomadas junto con los dibujos adjunto en los que los elementos similares se muestran numerados por igual:

40 Las figuras 1 a 6 muestran respectivamente esferas y burbujas basadas en el tamaño, esferas y burbujas de polímero basadas en el peso, y esferas y burbujas basadas en el magnetismo de acuerdo con algunas realizaciones de la presente invención, que incluyen:

45 Las figuras 1 y 2 que muestran, respectivamente, una esfera y burbuja de polímero sólido basado en el tamaño, y una esfera y una burbuja basadas en el tamaño que tienen un material de núcleo y una encapsulación de polímero.

50 Las figuras 3 y 4 que muestran, respectivamente, una esfera y burbuja de polímero sólido basada en el peso, y una esfera y burbuja basadas en el peso que tienen un material de núcleo y una encapsulación de polímero.

Las figuras 5 y 6 que muestran respectivamente una esfera y una burbuja basadas en el magnetismo que tienen un núcleo ferro-, ferri o paramagnético y una encapsulación polimérica.

55 La figura 7a muestra una esfera sintética generalizada que puede ser una esfera o burbuja basada en el tamaño, una esfera y burbuja de polímero basada en el peso y una esfera y burbuja con basada en magnetismo, según algunas realizaciones de la presente invención.

60 La figura 7b ilustra una parte ampliada de la esfera sintética que muestra una molécula o segmento molecular para unir un grupo funcional a la superficie de la esfera sintética, según algunas realizaciones de la presente invención.

La figura 8a ilustra una esfera sintética que tiene un cuerpo hecho de material sintético, según algunas realizaciones de la presente invención.

65

La figura 8b ilustra una esfera sintética con una cubierta sintética, según algunas realizaciones de la presente invención.

- La figura 8c ilustra una esfera sintética con un revestimiento sintético, según algunas realizaciones de la presente invención.
- 5 La figura 8d ilustra una esfera sintética que toma la forma de un bloque poroso, según alguna realización de la presente invención.
- La figura 9a ilustra una esfera sintética que tiene forma elíptica, según algunas realizaciones de la presente invención.
- 10 La figura 9b ilustra una esfera sintética que tiene forma cilíndrica, según algunas realizaciones de la presente invención.
- La figura 9c ilustra una esfera sintética que tiene la forma de un bloque, según algunas realizaciones de la presente invención.
- 15 La figura 9d ilustra una esfera sintética que tiene una forma irregular, según algunas realizaciones de la presente invención.
- La figura 10a ilustra la superficie de una esfera sintética con ranuras y/o varillas, según algunas realizaciones de la presente invención.
- 20 La figura 10b ilustra la superficie de una esfera sintética con abolladuras y / o agujeros, según algunas realizaciones de la presente invención.
- 25 La figura 10c ilustra la superficie de una esfera sintética con esferas apiladas, según algunas realizaciones de la presente invención.
- La figura 10d ilustra la superficie de una esfera sintética con estructuras físicas similares a un cabello, según algunas realizaciones de la presente invención.
- 30 La figura 11 es un diagrama de un sistema, proceso o aparato de flotación según algunas realizaciones de la presente invención.
- La figura 12 es un diagrama de una celda o columna de flotación que puede usarse en lugar de la celda o columna de flotación que forma parte del sistema, proceso o aparato de flotación mostrado en la figura 11 según algunas realizaciones de la presente invención.
- 35 La figura 13a muestra una esfera sintética generalizada funcionalizada para ser hidrófoba, en la que la esfera puede ser una esfera o burbuja basada en el tamaño, una esfera y burbuja de polímero basada en el peso y una esfera y burbuja con base magnética, según algunas realizaciones de la presente invención.
- 40 La figura 13b ilustra una parte ampliada de la esfera sintética hidrófoba que muestra una partícula mineral humedecida que se une a la superficie hidrófoba de la esfera sintética, según algunas realizaciones de la presente invención.
- 45 La figura 13c ilustra una parte ampliada de la esfera sintética hidrófoba que muestra una partícula no mineral hidrófoba que se une a la superficie hidrófoba de la esfera sintética, según algunas realizaciones de la presente invención.
- 50 La figura 14a ilustra una partícula mineral que se une al mismo tiempo a varias esferas sintéticas mucho más pequeñas.
- La figura 14b ilustra una partícula mineral que se une al mismo tiempo a varias esferas sintéticas ligeramente más grandes.
- 55 La figura 15a ilustra una partícula de mineral humedecida que se une al mismo tiempo a varias esferas sintéticas hidrófobas mucho más pequeñas.
- 60 La figura 15b ilustra una partícula de mineral humedecida que se une al mismo tiempo a varias esferas sintéticas hidrófobas ligeramente más grandes.
- Las figuras 16a y 16b ilustran algunas realizaciones de la presente invención en las que la esfera o burbuja sintética tiene una parte funcionalizada para tener moléculas colectoras y otra parte funcionalizada para ser hidrófoba.
- 65 La figura 17 es un diagrama de un tanque de flotación configurado entre una placa de metal con carga

negativa superior y una placa de metal con carga positiva en la parte inferior y lleno con una solución mineral o lodos que tiene polímeros cargados positivamente con colectores incrustados, según algunas realizaciones de la presente invención.

5

Descripción detallada de la invención

La figura 17 muestra una nueva realización de la presente invención, mientras que las restantes figuras de la 1 a la 16b muestran el ámbito de la solicitud de patente PCT número PCT/US12/39576 (WO2012/162609 A1).

10

Figura 17

15

20

25

De acuerdo con algunas realizaciones de la presente invención, y a modo de ejemplo, la figura 17 muestra el aparato 200 en forma de un tanque de flotación 202 configurado entre una placa superior 204 de metal cargada negativamente y una placa inferior 206 de metal cargada positivamente y llena con una solución o suspensión mineral 208 que tiene polímeros 210 cargados positivamente con colectores o moléculas colectoras incrustadas (por ejemplo, véanse las figuras 13b, 15a, 16a y 16b). La solución o suspensión mineral 208 incluye una o más partículas minerales de interés. La placa 204 de metal con carga negativa superior y la placa de metal con carga inferior 206 pueden configurarse para generar un campo eléctrico predeterminado en la solución o suspensión mineral con el fin de manipular los polímeros 210 con carga positiva. En funcionamiento, la placa de metal con carga superior 204 y la placa de metal con carga inferior 206 se puede configurar para hacer que los polímeros cargados 210, junto con algunas de las una o más partículas minerales de interés que pueden estar unidas a las mismas, migren a través de la solución mineral o suspensión 208 a la placa de metal con carga superior 204 basado al menos en parte en el campo eléctrico predeterminado.

30

Un experto en la materia sin una experimentación indebida podría configurar la placa metálica superior 204 y la placa metálica inferior 206 para crear el campo eléctrico predeterminado, y configurar los polímeros 210 cargados con una carga adecuada para manipular positivamente los polímeros cargados 210 de una manera consistente con la presente invención. En efecto, no se pretende que el alcance de la invención se limite a ningún tipo, clase o magnitud particular de la carga negativa, la carga positiva o el campo eléctrico predeterminado causado por las cargas respectivas.

35

40

La placa de metal superior 204 configurada con la carga negativa se puede configurar, disponer o colocar sobre el tanque de flotación 202, incluso montarse directamente o no montarse directamente en una parte superior del tanque de flotación 20, de acuerdo con lo que se muestra en la figura 17. El alcance de la invención no está destinado para limitarse a cómo la placa de metal superior 204 está configurada, dispuesta o colocada sobre o sobre el tanque de flotación 202.

45

La placa de metal con carga inferior 206 configurada con la carga positiva se puede configurar, disponer o ubicar debajo del tanque de flotación 202, incluso montarse directamente o no montarse directamente en una parte inferior del tanque de flotación 20, de acuerdo con lo que se muestra en la figura 17. El alcance de la invención no está destinado a limitarse a cómo la placa de metal inferior 206 está configurada, dispuesta o ubicada debajo del tanque de flotación 202.

50

Los polímeros 210 cargados se pueden configurar con una carga positiva correspondiente que sea de polaridad opuesta a la placa de metal superior 204, de modo que sean atraídos por la placa de metal superior 204 y repelidos por la placa de metal inferior 206.

55

El alcance de la invención no pretende limitarse a la polaridad de la carga de la placa metálica superior 204, la placa metálica inferior 206 o el polímero cargado 210. Por ejemplo, el alcance de la invención pretende incluir, así como que las realizaciones de la presente invención están previstos, en donde la placa de metal superior 204 está configurada con una carga positiva, la placa de metal inferior 206 está configurada con una carga negativa, y los polímeros cargados 210 están configurados con una carga negativa correspondiente, de modo que sean atraídos por la placa de metal superior 204 y repelidos por la placa de metal inferior 206.

60

65

Según alguna realización, el aparato puede adoptar la forma de una esfera sintética, de acuerdo con lo que se muestra en las figuras 1 a 17 de este documento. Por ejemplo, de acuerdo con lo que se describe en este documento, la esfera sintética, por ejemplo, como el elemento 10 (véase la figura 1) ó el elemento 70 (véanse las figuras 7a y 7b), se puede configurar con, o configurarse como, un cuerpo de fase sólida con un elemento 74 similar a una superficie (véanse las figuras 7a y 7b), y también configurarse con la carga eléctrica predeterminada para responder al campo eléctrico predeterminado correspondiente entre las placas 204 y 206; y una pluralidad de moléculas como el elemento 76 (véanse las figuras 7a y 7b) unidas a al menos parte de la superficie 74, comprendiendo las moléculas 76 un grupo funcional como elemento 78 (ver Figuras 7a y 7b) se seleccionan para atraer y unir uno o más partículas minerales 72 de interés hacia las moléculas 76.

A modo de ejemplo, el cuerpo en fase sólida puede adoptar la forma de, por ejemplo, un material sólido hecho de un polímero como el que se muestra en la figura 1. Alternativamente, y además a modo de ejemplo, el cuerpo en fase sólida también puede tomar la forma de, por ejemplo, una combinación de un material de núcleo y un material de encapsulación de polímero, por ejemplo, en donde se incluye que el material de núcleo adopta la forma de un elemento de núcleo como el elemento 21 (figura 2), el elemento 41 (figura 4), el elemento 51 (figura 5), o el elemento 61 (figura 6) hecho de un material como la arena, sílice o algún otro material como un polímero consistente con el que se describe en este documento, y en donde el elemento central está encapsulado por el material de encapsulación polimérico hecho de otro material como el elemento encapsulante 23 (figura 2), el elemento 43 (figura 4), el elemento 53 (figura 5) o el elemento 63 (figura 6). En tal combinación, se pretende que el alcance de la invención incluya el material del núcleo y/o el material de encapsulación de polímero que se carga eléctricamente.

En efecto, de acuerdo con algunas realizaciones de la presente invención, el cuerpo en fase sólida (por ejemplo, véanse las figuras 7a, 7b) puede estar configurado a partir de un polímero o material polimérico y/o cargado eléctricamente. A modo de ejemplo, el polímero o el material polimérico puede ser, o adoptar la forma de, polietileno, incluyendo una diseñada y/o configurada para estar altamente cargada para ser utilizada para recolectar las partículas minerales de interés y luego manipularse a través y por el correspondiente campo eléctrico predeterminado. Se pretende que el alcance de la invención incluya otros tipos o clases de polímeros o materiales poliméricos conocidos ahora o desarrollados posteriormente en el futuro, de acuerdo con lo expuesto en el presente documento. Se pretende que el alcance de la invención incluya, y se prevén realizaciones, en las que el cuerpo en fase sólida y/o la superficie 74 están hechos o fabricados a partir de un material cargado, así como en las que el cuerpo en fase sólida y/o la superficie 74 está hecha o fabricada a partir de un material no cargado, por ejemplo, un polímero no cargado o un material polimérico, y posteriormente se carga después de ser hecha o fabricada a partir del material no cargado.

Lavado con polaridad inversa periódica

Durante el proceso de separación, se entiende que las partículas cargadas o los polímeros 210 migrarían a la parte superior del tanque de flotación 202 y serían barridos en un flujo del proceso y luego procesados. Sin embargo, con el tiempo, es posible que algunas partículas o polímeros cargados se adhieran y se acumulen en la placa colectora superior 204, lo que puede impedir el campo eléctrico entre las placas 204, 206 y degradar el proceso de separación general con el tiempo. En efecto, si se permitiera que se acumularan demasiadas de estas partículas cargadas o polímeros 210, con el tiempo se podría reducir la eficacia del proceso de separación en general.

De acuerdo con alguna forma de realización de la presente invención, la polaridad de las placas 204, 206 podría invertirse periódicamente para expulsar toda partícula o polímeros 210 cargados adheridos que entraron en contacto con la placa colectora superior 204 y se mantuvieron allí, provocando que se liberen y migren en la dirección de la otra placa. En efecto, la polaridad de las placas 204, 206 podría invertirse periódicamente durante el tiempo suficiente para "limpiar" las placas 204, 206 y dejar que el flujo del proceso elimine estas partículas cargadas liberadas o polímeros de la placa colectora superior 204. Esta técnica mantendría la fuerza y la consistencia del campo eléctrico, mejoraría la eficiencia del sistema y mejoraría el proceso general de separación con el tiempo.

A modo de ejemplo, y según algunas realizaciones, el aparato 200 se puede configurar con un procesador o controlador de señales y/o temporizador configurado para proporcionar señalización para invertir periódicamente la polaridad de las placas 204, 206 a lo largo del tiempo. El procesador o controlador de señales y/o el temporizador se pueden configurar para implementar la funcionalidad del temporizador asociado con el fin de invertir periódicamente la polaridad. En la técnica se conocen procesadores o controladores de señales, temporizadores y/o funciones del temporizador asociadas, y no se pretende que el alcance de la invención se limite a ningún tipo o clase particular de los mismos, ya sea conocido ahora o desarrollado posteriormente en el futuro. Tampoco se pretende que el alcance de la invención se limite a ningún período o tiempo particular para implementar la inversión de polaridad de las placas 204, 206, ni a ningún momento particular en el que las placas 204, 206 tengan la polaridad inversa. Un experto en materia sin una experimentación indebida sería capaz de configurar tal procesador o controlador de señales y/o tal temporizador para implementar dicha funcionalidad del temporizador asociada, basándose al menos en parte en lo que se describe en este documento. El alcance de la invención también está destinado a incluir el uso de períodos de tiempo fijos para implementar la inversión de polaridad de las placas 204, 206, o el uso de períodos de tiempo fijos en los que las placas 204, 206 tienen la polaridad inversa, así como períodos variables de tiempo que los pueda ajustar el operario de dicho equipo de procesamiento de separación.

Figuras 1 a 16b

La parte restante de la solicitud describe el ámbito de las figuras 1 a 16b de la solicitud PCT número PCT/US12/39576 (WO2012/162609 A1), que se puede utilizar en una o más combinaciones con la presente invención expuesta anteriormente en relación con la figura 17, tal como sigue a continuación: Las figuras de la 1 a la

6 muestran la presente invención en forma de aparato o material para su uso en, o formando parte de, un proceso de separación que se implementará con la tecnología del procesador de separación, el aparato presenta burbujas sintéticas o esferas indicadas por las flechas 10 (figura 1), 20 (figura 2), 30 (figura 3), 40 (figura 4), 50 (figura 5), 60 (figura 6), configurados con un polímero o material a base de polímero 11 (figura 1), 21 (figura 2), 31 (figura 3), 41 (figura 4), 51 (figura 5), 61 (figura 6) funcionalizados para adherirse a un material con valor 12 (figura 1), 22 (figura 2), 32 (figura 3), 42 (figura 4), 52 (figura 5), 62 (figura 6) en una mezcla para formar una burbuja sintética enriquecida o esfera generalmente indicada como 15 (figura 1), 25 (figura 2), 35 (figura 3), 45 (figura 3), 55 (figura 5), 65 (figura 6) teniendo el valioso material 12 (figura 1), 22 (figura 2), 32 (figura 3), 42 (figura 4), 52 (figura 5), 62 (figura 6) unidos a los mismos, de acuerdo con lo que se describe en este documento, y también configurado para separarse de la mezcla basándose, al menos en parte, en la diferencia en una propiedad física entre las burbujas sintéticas enriquecidas o esferas 15 (figura 1), 25 (figura 2), 35 (figura 3), 45 (figura 3), 55 (figura 5), 65 (figura 6) teniendo el valioso material 12 (figura 1), 22 (figura 2), 32 (figura 3), 42 (figura 4), 52 (figura 5), 62 (figura 6) unidas a las mismas. La mezcla puede ser una suspensión de pulpa, por ejemplo.

En la figura 1, la burbuja o esfera sintética 10 es una esfera de polímero sólido basado en el tamaño y una burbuja 11 funcionalizada para unirse al material con valor 12 de interés en la mezcla y para separarse de la mezcla en función del tamaño. En la figura 2, la burbuja o esfera sintética 20 es una esfera basada en el tamaño y una burbuja 20 que tiene un material de núcleo 21 y una encapsulación polimérica 23 funcionalizada para unirse al material con valor 22 de interés en la mezcla y separarse de la mezcla basada en tamaño. A modo de ejemplo, el material del núcleo 21 puede incluir materiales tales como arena, sílice u otro material adecuado conocido ahora o desarrollado posteriormente en el futuro.

Polímeros o materiales a base de polímeros que pueden funcionalizarse para adherirse a un material tan valioso, como el material con valor 12 (figura 1), 22 (figura 2), 32 (figura 3), 42 (figura 4), 52 (figura 5), 62 (figura 6), de interés, tales como cobre, oro, níquel, plomo u otro mineral son conocidos en la técnica, y el alcance de la invención no está destinado a limitarse a ningún tipo o clase de los mismos. Se prevén realizaciones que utilicen polímeros o materiales basados en polímeros conocidos ahora y desarrollados posteriormente en el futuro. Cabe señalar que las burbujas o esferas se denominan en el presente documento burbujas o esferas sintéticas. El término "polímero" en esta descripción se puede entender que significa una molécula grande hecha de muchas unidades de la misma estructura o similar unidas entre sí. La unidad puede ser un monómero u oligómero que forma la base de, por ejemplo, poliamidas (nailon), poliésteres, poliuretanos, fenol-formaldehído, ureaformaldehído, amida, melamina-formaldehído, poliacetal, polietileno, poliisobutileno, poliacrilonitrilo, poli (vinilo cloruro), poliestireno, poli (metacrilatos de metilo), poli (acetato de vinilo), poli (cloruro de vinilideno), poliisopreno, polibutadieno, poliácridatos, poli (carbonato), resina fenólica y polidimetilsiloxano. La lista no es necesariamente exhaustiva. Por tanto, el material sintético puede ser duro o rígido como el plástico o blando y flexible como un elastómero. Si bien las propiedades físicas de las esferas sintéticas pueden variar, la superficie de las esferas sintéticas se funcionaliza químicamente para proporcionar uno o más grupos funcionales para atraer o unir partículas minerales. Alternativamente, todo el material sintético puede funcionalizarse, de modo que si la superficie del material se desgasta, raspa o de otro modo se consume, se expone nuevo material funcionalizado para atraerse y adherirse a las partículas minerales. (A modo de ejemplo, el término "grupo funcional" se puede entender como un grupo de átomos responsables de las reacciones características de un compuesto en particular, incluyendo los que definen la estructura de una familia de compuestos y determinan sus propiedades). Los términos "material con valor" y "partícula mineral" se utilizan en el presente de forma indistinta.

De acuerdo con la presente invención, las burbujas o esferas sintéticas 10 ó 20 en las figuras 1 y 2 se pueden configurar para separarse de la mezcla basándose, al menos en parte, en la diferencia entre el tamaño de las burbujas o esferas sintéticas enriquecidas que tienen el material con valor 12, 22 unido a las mismas en relación con el tamaño del material no deseado en la mezcla. Por ejemplo, la burbuja o esfera sintética 10 ó 20 se puede configurar de modo que el tamaño de las burbujas o esferas sintéticas 10 ó 20 sea mayor que el tamaño máximo de partícula de mineral triturado en la mezcla, o para que el tamaño de las burbujas sintéticas o esferas 10 ó 20 sea menor que un tamaño mínimo de partícula de mineral triturado en la mezcla. Cuando el tamaño de las partículas es grande, es posible que una pequeña burbuja o esfera no pueda elevar o levantar el material con valor. Cuando el tamaño de partícula es pequeño, el flujo alrededor de una burbuja o esfera grande puede hacer que el material con valor se aleje de la burbuja o esfera. Por lo tanto, puede ser más eficiente usar burbujas o esferas más pequeñas para recolectar el material con valor en un terreno pequeño.

En la figura 3, la burbuja o esfera sintética 30 es una esfera de polímero sólido basada en el peso y una burbuja 31 funcionalizada para unirse al material con valor 32 de interés en la mezcla y para ser separada de la mezcla en base al peso. En la figura 4, las burbujas o esferas sintéticas 40 son una esfera basada en el peso y una burbuja 40 que tiene un material de núcleo 41 y una encapsulación polimérica 43 funcionalizada para unirse al material con valor 42 de interés en la mezcla y para ser separada de la mezcla basada en al peso. El material del núcleo 41 puede estar hecho de materiales tales como magnetita, aire u otro material adecuado y también configurado con un encapsulado de polímero.

Según la presente invención, las burbujas o esferas sintéticas 30, 40 se pueden configurar para separarse de la mezcla basándose al menos en parte en la diferencia entre el peso de las burbujas o esferas sintéticas enriquecidas que tienen el material con valor adherido a las mismas en relación con el peso del material no deseado en la mezcla.

Por ejemplo, las burbujas o esferas sintéticas 30, 40 se pueden configurar de modo que el peso de las burbujas o esferas sintéticas sea mayor que el peso máximo de las partículas de mineral triturado en la mezcla, o de modo que el peso de las burbujas o esferas sintéticas sea menor que el peso mínimo de partículas de mineral triturado en la mezcla.

5 En la figura 5, la esfera sintética o burbuja 50 se muestra como una esfera y una burbuja de base magnética que tiene un núcleo ferromagnético o ferriomagnético 51 y una encapsulación polimérica 53, de manera que el núcleo ferromagnético o ferriomagnético 51 se atrae hacia superficies paramagnéticas. En la figura 6, la esfera o burbuja sintética se muestra como una esfera y una burbuja de base magnética que tiene un núcleo 61 paramagnético y una encapsulación 63 de polímero, de manera que el núcleo paramagnético se atrae hacia superficies magnetizadas.

10 Según la presente invención, las burbujas o esferas sintéticas 50, 60 se pueden configurar para separarse de la mezcla basándose, al menos en parte, en la diferencia entre el para-, ferri-, ferro-magnetismo de las burbujas o esferas sintéticas enriquecidas que tienen el material con valor 52, 62 unido al mismo en relación con el para-, ferri-, ferro-magnetismo del material no deseado en la mezcla.

Para ayudar a un experto en la técnica a comprender diversas realizaciones de la presente invención, la figura 7a muestra un cordón sintético generalizado y la figura 7b muestra una parte ampliada de la superficie. La esfera sintética puede ser una esfera o burbuja basada en el tamaño, una esfera y burbuja de polímero basado en el peso y una esfera y burbuja con base magnética como se describe junto con las Figuras 1 a 6. Como se muestra en las Figuras 7a y 7b, la esfera sintética 70 tiene un cuerpo de esferas para proporcionar una superficie 74 de esferas. Al menos la parte exterior del cuerpo de esferas está hecha de un material sintético, tal como de un polímero, para proporcionar una pluralidad de moléculas o segmentos moleculares 76 en la superficie 74. La molécula 76 se usa para unir un grupo funcional químico 78 a la superficie 74. En general, la molécula 76 puede ser una cadena de hidrocarburo, por ejemplo, y el grupo funcional 78 puede tener un enlace aniónico (o anión) para unir un mineral, tal como el cobre, a la superficie 74. Un xantato, por ejemplo, tiene tanto el grupo funcional 78 como el segmento molecular 76 que se incorporará al polímero que se usa para hacer la esfera sintética 70. El grupo funcional 78 también se conoce como un colector iónico o no iónico. El ion puede ser aniónico o catiónico. Un anión incluye oxihidrido, como carboxílico, sulfatos y sulfonatos, y sulfhidral, como xantatos y ditiofosfatos. Otras moléculas o compuestos que pueden usarse para proporcionar el grupo funcional 78 incluyen, pero no se limitan a, tionocarboamatos, tioureas, xantógenos, monotiofosfatos, hidroquinonas y poliaminas.

De manera similar, se puede incorporar un agente quelante en o sobre el polímero como un sitio colector para atraer un mineral, tal como el cobre. Como se muestra en la figura 7b, una partícula mineral 72 está unida al grupo funcional 78 en la molécula 76. En general, la partícula mineral 72 es mucho más pequeña que la esfera sintética 70. Muchas partículas minerales 72 pueden ser atraídas o unidas al superficie 74 de una esfera sintética 70. Cuando las partículas minerales 72 son muy finas, también se pueden usar esferas sintéticas 70 más pequeñas.

40 En algunas realizaciones de la presente invención, una esfera sintética puede adoptar la forma de un cuerpo en fase sólida hecho de un material sintético, como un polímero. (A modo de ejemplo, el término "cuerpo en fase sólida" se entiende en el presente documento como un cuerpo que tiene una fuerza cohesiva de materia que es lo suficientemente fuerte como para mantener las moléculas o átomos en las posiciones dadas, restringiendo la movilidad térmica). EL polímero puede ser rígido o elastomérico. Un polímero elastomérico puede ser por ejemplo, poliisopreno, polibutadieno o caucho natural. El cuerpo tiene una superficie que comprende una pluralidad de moléculas con uno o más grupos funcionales para atraer o unir partículas minerales a la superficie. Un polímero que tiene un grupo funcional para atraer o recoger partículas minerales se denomina polímero funcionalizado. En una realización, todo el cuerpo 82 de la esfera sintética 80 está hecho del mismo material funcionalizado, tal y como se muestra en la figura 8a. En otra realización, el cuerpo de la esfera es una cubierta, como se muestra en la figura 8b. La cubierta 84 puede formarse mediante expansión, tal como la expansión térmica o reducción de presión.

50 La cubierta 84 se puede formar como una microburbuja o un globo. En la figura 8b, la cubierta 84, que está hecha de material funcionalizado, tiene una parte interior 86. La parte interior 86 se puede llenar por ejemplo con aire o gas para ayudar a la flotabilidad. La parte interior 86 se puede utilizar para contener un líquido que se liberará durante el proceso de separación de minerales. El líquido encapsulado puede ser un líquido polar o un líquido no polar, por ejemplo. El líquido encapsulado puede contener por ejemplo, una composición depresora para la separación mejorada de cobre, níquel, zinc, plomo en minerales de sulfuro en la etapa de flotación. La cubierta 84 se puede usar por ejemplo para encapsular un polvo que puede tener una propiedad magnética para hacer que la esfera sintética sea magnética, por ejemplo. El líquido o polvo encapsulado puede contener monómeros, oligómeros o segmentos poliméricos cortos para humedecer la superficie de las partículas minerales cuando se liberan de las esferas. Por ejemplo, cada uno de los monómeros u oligómeros puede contener un grupo funcional para unirse a una partícula mineral y una especie de carga para unir la partícula mineral humedecida a la esfera sintética. La cubierta 84 por ejemplo se puede utilizar para encapsular un núcleo sólido, tal como espuma de poliestireno para ayudar a la flotabilidad. En otra realización más, solo el revestimiento del cuerpo de la esfera puede estar hecho de polímero funcionalizado. Como se muestra en la figura 8c, la esfera sintética puede tener un núcleo 90 hecho de cerámica, vidrio o metal y solo la superficie del núcleo 90 puede tener un revestimiento 88 hecho de polímero funcionalizado. El núcleo 90 puede ser un núcleo hueco o un núcleo relleno según las aplicaciones. El núcleo 90 puede ser una microburbuja, una esfera o un globo. Por ejemplo, un núcleo lleno de metal hace que la densidad de

la esfera sintética sea mayor que la densidad de la suspensión de pulpa, por ejemplo. El núcleo 90 puede estar hecho de un material magnético de modo que el para-, ferri-, ferro-magnetismo de la esfera sintética sea mayor que el para-, ferri-, ferro-magnetismo de la partícula de mineral molido no deseada en la mezcla. Según algunas realizaciones, la esfera sintética se puede configurar con un núcleo ferromagnético o ferriomagnético que atrae y se adhiere a superficies paramagnéticas. Se puede usar un núcleo 90 hecho de vidrio o cerámica para hacer que la densidad de la esfera sintética sea sustancialmente igual a la densidad de la suspensión de pulpa de modo que cuando las esferas sintéticas se mezclen con la suspensión de pulpa para la recolección de minerales, las esferas puedan estar en un estado de suspensión.

Según una realización diferente de la presente invención, la esfera sintética 80 puede ser un bloque poroso o adoptar la forma de una esponja o espuma con múltiples cámaras segregadas llenas de gas. La combinación de aire y esferas sintéticas 80 se puede agregar a la celda de flotación por aspiración natural tradicional.

Debe entenderse que el uso del término "esfera" no pretende limitar la forma de la esfera sintética de la presente invención a que sea esférica, como se muestra en la figura 7. En algunas realizaciones de la presente invención, la esfera sintética 80 puede tener una forma elíptica como se muestra en la figura 9a. La esfera sintética puede tener una forma cilíndrica como se muestra en la figura 9b. La esfera sintética puede tener la forma de un bloque como se muestra en la figura 9c. Además, la esfera sintética puede tener una forma irregular, como se muestra en la figura 9d. En efecto, no se pretende que el alcance de la invención se limite a ningún tipo o tipo particular de forma de la esfera sintética 80.

También debe entenderse que la superficie de una esfera sintética, según la presente invención, no se limita a una superficie lisa general como se muestra en la figura 7a. En algunas realizaciones de la presente invención, la superficie puede ser irregular y rugosa. Por ejemplo, la superficie 74 puede tener algunas estructuras físicas 92 como ranuras o varillas como se muestra en la figura 10a. La superficie 74 puede tener algunas estructuras físicas 94 como agujeros o abolladuras como se muestra en la figura 10b. La superficie 74 puede tener algunas estructuras físicas 96 formadas a partir de esferas apiladas como se muestra en la figura 10c. La superficie 74 puede tener algunas estructuras físicas 98 similares a un cabello, como se muestra en la figura 10d. Además de los grupos funcionales de las esferas sintéticas que atraen partículas minerales a la superficie de las esferas, las estructuras físicas pueden ayudar a atrapar las partículas minerales en la superficie de las esferas. La superficie 74 se puede configurar para que sea una superficie en panel o una superficie similar a una esponja para atrapar las partículas minerales y/o aumentar la superficie de contacto. En efecto, no se pretende que el alcance de la invención se limite a ningún tipo o clase particular de superficie de la esfera sintética 80.

Cabe señalar que las esferas sintéticas de la presente invención se pueden realizar de una manera diferente para lograr el mismo objetivo. Es decir, es posible utilizar un medio diferente para atraer las partículas minerales a la superficie de las esferas sintéticas. Por ejemplo, la superficie de las esferas o cubiertas de polímero se puede funcionalizar con una molécula o compuesto químico hidrófobo. Alternativamente, la superficie de las esferas de vidrio, cerámica y metal se puede recubrir con moléculas o compuestos químicos hidrófobos. Usando el recubrimiento de esferas de vidrio como ejemplo, se pueden usar polisiloxanatos para funcionalizar las esferas de vidrio con el fin de hacer las esferas sintéticas. En la suspensión de pulpa, también se pueden añadir colectores de xantato e hidroxamato para recoger las partículas minerales y hacer que las partículas minerales sean hidrófobas. Cuando las esferas sintéticas se utilizan para recoger las partículas minerales en la suspensión de pulpa que tiene un valor de pH de alrededor de 8-9, es posible liberar las partículas minerales en las esferas sintéticas enriquecidas de la superficie de las esferas sintéticas en una solución ácida, tal como como una solución de ácido sulfúrico. Según alguna realización, también puede ser posible liberar las partículas minerales transportadas con las esferas sintéticas enriquecidas mediante agitación sónica, como ondas ultrasónicas, o simplemente lavándolas con agua.

Figuras 11 y 12: Aparato de flotación

A modo de ejemplo, la figura 11 muestra que la presente invención tiene la forma de un aparato 810, que tiene una celda o columna de flotación 812 configurada para recibir una mezcla de fluido (por ejemplo, agua), material con valor y material no deseado, por ejemplo, una suspensión de pulpa 814; recibir burbujas sintéticas o esferas 70 (por ejemplo la figura 7) que se crean para flotar cuando se sumergen en la suspensión de pulpa o mezcla 814 y se funcionalizan para controlar la química de un proceso que se realiza en la celda o columna de flotación, incluso para adherirse al material con valor en la suspensión o mezcla de pulpa 814; y proporcionar burbujas o esferas sintéticas enriquecidas 818 que tienen el material con valor unido a ellas. A modo de ejemplo, las burbujas o esferas sintéticas 70 pueden estar hechas de polímero o materiales a base de polímero, o sílice o materiales a base de sílice, o vidrio o materiales a base de vidrio, aunque se pretende que el alcance de la invención incluya otros tipos o clases de materiales que se conocen ahora o que se desarrollarán más tarde en el futuro. Con el fin de describir un ejemplo de la presente invención, en la figura 11 las burbujas o esferas sintéticas se muestran como un polímero o burbujas a base de polímero etiquetadas con 70, y la burbuja o esferas sintéticas enriquecidas 818 se muestran como un polímero enriquecido o burbujas a base de polímero etiquetadas con el 818. La celda o columna de flotación 812 está configurada con una parte superior o tubería 820 para proporcionar el polímero enriquecido o las burbujas 818 a base de polímero de la celda o columna de flotación 812 para un procesamiento adicional consistente con lo

expuesto en este documento.

La celda o columna de flotación 812 se puede configurar con una parte superior o tubería 822, por ejemplo, con una válvula 822a, para recibir la suspensión o mezcla de pulpa 814 y también con una parte inferior o tubería 824 para recibir el polímero o las burbujas a base de polímero 70. En funcionamiento, la flotabilidad de las burbujas de polímero o basadas en polímero 70 hace que floten hacia arriba desde el fondo hasta la parte superior de la celda o columna de flotación 812 a través de la suspensión de pulpa o mezcla 814 en la celda o columna de flotación 812 de manera que chocan con el agua, el material con valor y el material no deseado en la suspensión o mezcla de pulpa 814. La funcionalización del polímero o las burbujas 70 a base de polímero hace que se adhieran al material con valor en la suspensión o mezcla de pulpa 814. Como resultado de la colisión entre el polímero o las burbujas 70 a base de polímero y el agua, el material con valor y el material no deseado en la suspensión de pulpa o mezcla 814, y la unión del polímero o burbujas 70 a base de polímero y el material con valor en el suspensión de pulpa o mezcla 814, el polímero enriquecido o las burbujas 70 a base de polímero que tienen el material con valor adherido al mismo flotará en la parte superior de la celda de flotación 812 y formará parte de la espuma creada en la parte superior de la celda de flotación 812. La celda de flotación 812 puede incluir una parte superior o tubería 820 configurada para proporcionar el polímero enriquecido o las burbujas 818 basadas en polímero que tienen el material con valor unido a las mismas, que pueden procesarse adicionalmente de acuerdo con lo expuesto en el presente documento. En efecto, el polímero enriquecido o las burbujas 818 basadas en polímero se pueden retirar de la parte superior de la celda de flotación 812 o se pueden drenar por la parte superior o la tubería 820.

La celda o columna de flotación 812 se puede configurar para contener un entorno rico en adherencias, incluso cuando el entorno rico en adherencias tiene un pH alto, para estimular el proceso de recuperación por flotación en el mismo. El proceso de recuperación por flotación puede incluir la recuperación de partículas de mineral en la minería, incluido el cobre. No se pretende que el alcance de la invención se limite a ningún tipo o tipo particular de proceso de recuperación por flotación, ya sea conocido ahora o desarrollado posteriormente en el futuro. Tampoco se pretende que el alcance de la invención se limite a ningún tipo particular o clase de mineral de interés que pueda formar parte del proceso de recuperación por flotación ya sea conocido ahora o desarrollado posteriormente en el futuro.

De acuerdo con algunas realizaciones de la presente invención, el polímero o las burbujas 70 basadas en polímero se pueden configurar con un flujo de área superficial al controlar alguna combinación del tamaño del polímero o de las burbujas 70 basadas en polímero y/o controla la velocidad de inyección a la que se recibe la suspensión o mezcla la pulpa 814 en la celda o columna de flotación 812. Las burbujas 70 de polímero o basadas en polímero también pueden configurarse con una densidad baja para comportarse como burbujas de aire. Las burbujas 70 de polímero o basadas en polímero también pueden configurarse con una distribución de tamaño controlada que se puede personalizar para maximizar la recuperación de diferentes matrices de suministro a la flotación a medida que cambia la calidad del material con valor, incluso a medida que cambia la calidad del mineral.

De acuerdo con algunas realizaciones de la presente invención, la celda o columna de flotación 812 se puede configurar para recibir el polímero o las burbujas 70 a base de polímero junto con aire, en donde el aire se usa para crear una capa de espuma deseada en la mezcla en la celda de flotación o en la columna 812 para lograr el grado deseado de material con valor. Las burbujas 70 de polímero o basadas en polímero pueden configurarse para elevar el material con valor a la superficie de la mezcla en la celda o columna de flotación.

El espesante 828

El aparato 10 también puede incluir tuberías 826 que tienen una válvula 826a para proporcionar relaves a un espesante 828 configurado para recibir los relaves de la celda o columna de flotación 812. El espesante 828 incluye tuberías 830 que tienen una válvula 830a para proporcionar relaves espesados. El espesante 828 también incluye una tubería 832 adecuada para proporcionar agua recuperada de regreso a la celda o columna de flotación 812 para su reutilización en el proceso. Se conocen en la técnica espesantes como el elemento 828, y el alcance de la invención no está destinado a limitarse a ningún tipo o clase particular ya sea conocido ahora o desarrollado posteriormente en el futuro.

El proceso de recuperación de esferas o el procesador 850

De acuerdo con algunas realizaciones de la presente invención, el aparato 810 puede comprender además un proceso o procesador de recuperación de esferas generalmente indicado como 850 configurado para recibir el polímero enriquecido o las burbujas 818 a base de polímero y proporcionar un polímero recuperado o burbujas 852 a base de polímero sin el material con valor adherido a las mismas para permitir la reutilización del polímero o de las burbujas 852 basadas en polímero en un proceso de circuito cerrado. A modo de ejemplo, el proceso de recuperación de esferas o procesador 850 puede adoptar la forma de una estación de lavado mediante la cual el material con valor se elimina mecánica, química o electrostáticamente del polímero o de las burbujas 818 basadas

en polímero.

El proceso o procesador 850 de recuperación de esferas puede incluir una segunda celda o columna 854 de flotación que tiene una tubería 856 con una válvula 856a configurada para recibir las burbujas o esferas 818 de polímero enriquecido; y liberar sustancialmente el material con valor de las burbujas o esferas de polímero 818, y también tener una parte superior o tubería 857 configurada para proporcionar las burbujas o esferas de polímero recuperadas 852, sustancialmente sin el material con valor adherido a las mismas. La segunda celda o columna de flotación 854 se puede configurar para contener un entorno rico en emisiones, incluso donde el entorno rico en emisiones tiene un pH bajo, o incluso donde el entorno rico en emisiones es el resultado de ondas ultrasónicas pulsadas en la segunda celda o columna de flotación 854.

El proceso de recuperación de esferas o procesador 850 también puede incluir la tubería 858 que tiene una válvula 856a para proporcionar minerales concentrados a un espesante 860 configurado para recibir los minerales concentrados de la celda o columna de flotación 854. El espesante 860 incluye la tubería 862 que tiene una válvula 862a para proporcionar concentrado espesado. El espesante 860 también incluye una tubería adecuada 864 para proporcionar agua recuperada de regreso a la segunda celda o columna de flotación 854 para su reutilización en el proceso. Se conocen en la técnica espesantes como el elemento 860, y no se pretende que el alcance de la invención se limite a ningún tipo o clase particular ya sea conocido ahora o desarrollado posteriormente en el futuro.

También se prevén realizaciones en las que las esferas o burbujas sintéticas enriquecidas se colocan en una solución química para que el material con valor se disuelva, o se envíen a una fundición donde se quema el material con valor, incluso donde las esferas o burbujas sintéticas se reutilizan posteriormente.

La técnica de colisión

La figura 12 muestra un aparato alternativo generalmente indicado como 900 en forma de una celda de flotación alternativa 901 que se basa al menos en parte en una técnica de colisión entre la mezcla y las burbujas o esferas sintéticas, según algunas realizaciones de la presente invención. La mezcla 902, por ejemplo, la suspensión de pulpa, se puede recibir en una parte superior o tubería 904, y las burbujas o esferas sintéticas 906 se pueden recibir en una parte inferior o tubería 908. La celda de flotación 901 se puede configurar para incluir un primer dispositivo 910 para recibir la mezcla 902, y también se puede configurar para incluir un segundo dispositivo 912 para recibir los materiales a base de polímero. El primer dispositivo 910 y el segundo dispositivo 912 están configurados para enfrentarse entre sí para proporcionar la mezcla 902 y las burbujas o esferas sintéticas 906, por ejemplo, polímero o materiales a base de polímero, usando la técnica de colisión. En la figura 12, las flechas 910a representan la mezcla que se pulveriza y las flechas 912a representan las burbujas o esferas sintéticas 906 que se pulverizan entre sí en la celda de flotación 901.

En funcionamiento, la técnica de colisión provoca vórtices y colisiones utilizando suficiente energía para aumentar la probabilidad de tocar el polímero o los materiales a base de polímero 906 y el material con valor en la mezcla 902, pero no demasiada energía para destruir los enlaces que se forman entre el polímero o los materiales a base de polímero 906 y el material con valor en la mezcla 902. Se pueden usar bombas, que no se muestran en la presente, para proporcionar la mezcla 902 y las burbujas o esferas sintéticas 906 tiene la presión apropiada para implementar la técnica de colisión.

A modo de ejemplo, el primer dispositivo 910 y el segundo dispositivo 912 pueden adoptar la forma de dispositivos a modo de cabezal de ducha que tienen una boquilla perforada con una multiplicidad de orificios para rociar la mezcla y las burbujas o esferas sintéticas entre sí. Se conocen en la técnica dispositivos de tipo cabezal de ducha, y el alcance de la invención no está destinado a limitarse a ningún tipo o clase particular de los mismos, ya sea conocido ahora o desarrollado posteriormente en el futuro. Además, en base a lo que se describe en la presente solicitud de patente, un experto en la materia sin una experimentación excesiva podría determinar el número y tamaño de los orificios para rociar la mezcla 902 y las burbujas o esferas sintéticas 906 entre sí, así como la presión de bombeo apropiada para proporcionar suficiente energía para aumentar la probabilidad de tocar el polímero o los materiales basados en polímeros 906 y el material con valor en la mezcla 902, pero no demasiada energía para destruir los enlaces que se forman entre el polímero o materiales a base de polímero 906 y el material con valor en la mezcla 902.

Como resultado de la colisión entre las burbujas o esferas sintéticas 906 y la mezcla, las burbujas o esferas sintéticas enriquecidas que tienen el material con valor adherido a ellas flotarán hacia la parte superior y formarán parte de la espuma en la celda de flotación 901. La celda de flotación 901 puede incluir una parte superior o tubería 914 configurada para proporcionar burbujas o esferas sintéticas enriquecidas 916, por ejemplo, burbujas de polímero enriquecidas tal y como se muestra, que tienen el material con valor unido a las mismas, que puede procesarse adicionalmente de acuerdo con lo expuesto en este documento.

El aparato alternativo 900 se puede usar en lugar de las columnas o celdas de flotación, e insertarse en el aparato o sistema mostrado en la figura 11, y puede resultar más eficiente que usar las columnas o celdas de flotación.

Se debe entender que la esfera o burbuja basada en el tamaño, la esfera o burbuja basada en el peso, la esfera o burbuja basada en magnetismo tal y como se describe junto con las figuras 1 a 6, se pueden funcionalizar para que sean hidrófobas para atraer partículas minerales. La figura 13a muestra una esfera sintética hidrófoba generalizada, la figura 13b muestra una parte agrandada de la superficie de la esfera y una partícula mineral, y la figura 13c muestra una parte agrandada de la superficie de la esfera y una partícula no mineral. Tal y como se muestra en la figura 13a, la esfera sintética hidrófoba 170 tiene una superficie de polímero 174 y una pluralidad de partículas 172, 172' unidas a la superficie de polímero 174. La figura 13b muestra una parte ampliada de la superficie de polímero 174 en la que una pluralidad de moléculas 179 hacen la superficie del polímero 174 hidrófoba. Una partícula mineral 171 en la suspensión, después de combinarse con una o más moléculas colectoras 73, se convierte en una partícula mineral humedecida 172. La molécula colectoras 73 tiene un grupo funcional 78 unido a la partícula mineral 171 y un extremo hidrófobo o segmento molecular 76. El extremo hidrófobo o segmento molecular 76 es atraído por las moléculas hidrófobas 179 en la superficie polimérica 174. La figura 13c muestra una parte ampliada de la superficie polimérica 174 con una pluralidad de moléculas hidrófobas 179 para atraer una partícula no mineral 172'. La partícula no mineral 172' tiene un cuerpo de partícula 171' con uno o más segmentos moleculares hidrófobos 76 unidos al mismo. El extremo hidrófobo o segmento molecular 76 es atraído por las moléculas hidrófobas 179 en la superficie del polímero 174. El término "polímero" en esta especificación significa una molécula grande hecha de muchas unidades de la misma estructura o similares unidas entre sí. Además, el polímero asociado con las figuras 13a-13c puede ser naturalmente hidrófobo o funcionalizado para ser hidrófobo. Algunos polímeros que tienen una cadena de hidrocarburo larga o una cadena principal de silicio-oxígeno, por ejemplo, tienden a ser hidrófobos. Los polímeros hidrófobos incluyen poliestireno, poli (d, l-lactida), poli (dimetilsiloxano), polipropileno, poliacrílico, polietileno, etc. Las burbujas o esferas, tales como la esfera sintética 170 pueden estar hechas de vidrio para ser revestidas con polímero de silicón hidrófobo que incluye polisiloxanatos para que las burbujas o esferas se vuelvan hidrófobas. Las burbujas o esferas pueden estar hechas de metal para ser recubiertas con copolímero de silicón alquídica, por ejemplo, para hacer que las burbujas o esferas sean hidrófobas. Las burbujas o esferas pueden estar hechas de cerámica para ser revestidas con fluoroalquilsilano, por ejemplo, para hacer que las burbujas y esferas sean hidrófobas. Las burbujas o esferas pueden estar hechas de polímeros hidrófobos, como poliestireno y polipropileno para proporcionar una superficie hidrófoba.

30 **Una propiedad física**

Con el fin de describir y comprender la presente invención, se entiende por propiedad física cualquier cualidad medible cuyo valor describa el estado de un sistema físico. Los cambios en las propiedades físicas de un sistema se pueden utilizar para describir sus transformaciones (o evoluciones entre sus estados momentáneos). Las propiedades físicas pueden ser intensivas o extensivas, en donde una propiedad intensiva no depende del tamaño o la cantidad de materia en el objeto, mientras que una propiedad extensiva sí lo hace. Las propiedades físicas se contrastan con las propiedades químicas que determinan el comportamiento de un material en una reacción química. Las propiedades físicas son propiedades que no cambian la naturaleza química de la materia.

A modo de ejemplo, la presente invención se describe en relación con las propiedades físicas de las esferas o burbujas sintéticas que adoptan la forma de tamaño, peso, magnetismo y densidad. Sin embargo, las realizaciones de la presente invención se conciben utilizando otros tipos o clases de propiedades físicas conocidas ahora o desarrolladas posteriormente en el futuro, incluida la carga electrostática, así como otros tipos o clases de propiedades físicas que permitirían, o proporcionarían, la esfera sintética que tiene el material con valor adherido a la misma para ser separada de la mezcla basándose al menos en parte en una diferencia en la propiedad física entre las burbujas sintéticas enriquecidas o esferas que tienen el material con valor adherido a las mismas y la mezcla, consistente con lo expuesto en el presente documento.

50 **Aplicaciones**

55 El alcance de la invención se describe en relación con la separación de minerales, incluida la separación de cobre u otros minerales del mineral.

A modo de ejemplo, se prevé que las aplicaciones incluyan celdas de separación más ásperas, depuradoras, limpiadoras y más ásperas o depuradoras en el flujo de producción, reemplazando, complementando o modificando las máquinas de flotación tradicionales.

Las celdas recolectoras de relaves se utilizan para recolectar los minerales no recuperados de una corriente de relaves.

65 La celda de limpieza de relaves se utiliza para limpiar el material no deseado de la corriente de relaves antes de enviarlo al estanque de eliminación.

La máquina de recuperación de relaves es la que se coloca en el estanque de relaves o se utiliza para recuperar minerales valiosos que se han enviado al estanque de relaves.

5 En un proceso típico de separación de minerales, el mineral se hace estallar [granallar] en trozos manejables de roca que contiene minerales. El mineral granallado se somete luego a una trituración en la que la roca se tritura en pequeñas partículas del orden de 100 μm . Las partículas se denominan en el presente documento partículas minerales, pero que también contienen minerales de silicato o minerales de óxido de poco o ningún valor. Estas partículas minerales, junto con los minerales de ganga, se mezclan con agua en una suspensión de pulpa. Las esferas sintéticas, según algunas realizaciones de la presente invención, se utilizan para atraer las partículas minerales a la superficie de las esferas. Las esferas sintéticas enriquecidas, que son las esferas sintéticas que tienen las partículas minerales unidas a las mismas, se separan a continuación de los minerales de roca o ganga no deseados mediante separación basada en tamaño, separación basada en peso y/o separación basada en magnetismo. Por ejemplo, la separación puede tener lugar en una celda de flotación, en una tubería donde la suspensión de pulpa se transporta de un lugar a otro y en una tina de mezcla. Posteriormente, las partículas minerales unidas a las esferas sintéticas enriquecidas se liberan de las esferas sintéticas para su procesamiento posterior, como la fundición. La liberación de las partículas minerales de las esferas sintéticas se puede realizar de diferentes formas. Por ejemplo, las esferas sintéticas enriquecidas se pueden configurar para que entren en contacto con una solución con un valor de pH bajo que interrumpa o debilite los enlaces entre las partículas minerales y las superficies de las esferas. También es posible sumergir las esferas sintéticas enriquecidas en una solución en la que se utilizan ondas ultrasónicas para sacudir las partículas minerales de la superficie de las esferas. La liberación se puede realizar térmica o electromagnéticamente. Por ejemplo, las esferas sintéticas enriquecidas se pueden someter a un lavado con agua caliente para debilitar el enlace químico de los grupos funcionales. Las esferas sintéticas enriquecidas también pueden someterse a iluminación láser donde se usa una frecuencia láser seleccionada para debilitar el enlace químico. Después del proceso de liberación, las esferas sintéticas recuperadas se pueden reutilizar o desechar. Las esferas sintéticas recuperadas se pueden recargar para reponer los grupos funcionales perdidos durante los procesos de separación y liberación. Para determinar si las esferas sintéticas recuperadas son reutilizables o vale la pena recargarlas, se puede incorporar una sustancia química fluorescente sobre la superficie de las esferas sintéticas junto con los grupos funcionales. La sustancia química fluorescente se usa como una etiqueta o marca para el rastreo, de modo que la intensidad de la fluorescencia se puede usar como indicador cuando se excita el químico fluorescente. [0108] Las esferas sintéticas, según algunas realizaciones de la presente invención, también se pueden usar en un proceso de separación en seco en el que las partículas trituradas se configuran para ponerse en contacto con las esferas sintéticas mediante mezcla en seco. Alternativamente, las esferas sintéticas pueden estar contenidas en un filtro y las partículas trituradas son forzadas mediante aire forzado a pasar a través del filtro. De nuevo, las partículas minerales adheridas a las esferas sintéticas enriquecidas se pueden liberar en un entorno de pH bajo, en un entorno de agitación ultrasónica, en un baño de agua caliente o en un área iluminada con láser.

Las esferas sintéticas, de acuerdo con algunas realizaciones de la presente invención, se pueden fabricar de diferentes tamaños para atraer partículas minerales de diferentes tamaños. Por ejemplo, a diferencia de las burbujas de aire, las esferas sintéticas de un tamaño mayor se pueden usar para atraer partículas minerales mayores de por ejemplo 200 μm . Por lo tanto, la molienda del mineral granallado se puede dividir en diferentes etapas. En la primera etapa, la roca se tritura en partículas del orden de 200 μm . Después del proceso de separación usando las esferas sintéticas más grandes en la suspensión que contiene estas partículas crudas, la suspensión restante se puede someter a una etapa de molienda más fina en la que la roca triturada se tritura aún más en partículas del orden de 100 μm . Con la suspensión que contiene las partículas minerales más finas, las esferas sintéticas con un tamaño más pequeño pueden ser más efectivas para interactuar con las partículas minerales más finas. En una aplicación de celda de flotación, el tamaño de la esfera puede ser menor a 100 μm . En una aplicación de estanque de relaves, el tamaño de la esfera puede ser de 1 mm a 10 mm o más. Sin embargo, las esferas grandes reducirían las superficies funcionalizadas donde las partículas minerales pueden unirse a las esferas sintéticas. Por tanto, de acuerdo con algunas realizaciones de la presente invención, las esferas sintéticas están configuradas con un tamaño inferior a 100 μm para atraer partículas minerales que tienen un tamaño sustancialmente similar, incluso en aplicaciones relacionadas con celdas de flotación; las esferas sintéticas están configuradas con un tamaño de aproximadamente 100 μm para atraer o unirse a partículas minerales que tienen un tamaño sustancialmente similar, un tamaño más pequeño o un tamaño mayor; las esferas sintéticas están configuradas con un tamaño en un intervalo de aproximadamente 50 a 500 μm para atraer o unirse a partículas minerales que tienen un tamaño sustancialmente similar, un tamaño más pequeño o un tamaño mayor; las esferas sintéticas están configuradas con un tamaño de aproximadamente 200 μm para atraer partículas minerales que tienen un tamaño sustancialmente similar; las esferas sintéticas están configuradas con un tamaño en un rango de aproximadamente 1 mm a 10 mm, incluso en aplicaciones relacionadas con un estanque de relaves. En general, las esferas sintéticas se configuran con un tamaño en un rango de aproximadamente 50 μm a 10 mm. Pero las esferas pueden tener un tamaño inferior a 50 μm y un tamaño superior a 10 mm.

La figura 14a ilustra un escenario en el que una partícula mineral 72 se une al mismo tiempo a varias esferas sintéticas 74. Por tanto, aunque las esferas sintéticas 74 son de tamaño mucho más pequeño que la partícula mineral 72, varias esferas sintéticas 74 pueden elevar la partícula mineral 72 hacia arriba en una celda de flotación. Asimismo, una partícula 72 de mineral más pequeña también puede elevarse hacia arriba mediante una serie de esferas 74 sintéticas como se muestra en la figura 14b. Para aumentar la probabilidad de que se produzca este

levantamiento "cooperativo", se puede mezclar un gran número de esferas sintéticas 74 en la suspensión. A diferencia de las burbujas de aire, la densidad de las esferas sintéticas se puede elegir de manera que las esferas sintéticas permanezcan en la suspensión antes de subir a la superficie en una celda de flotación.

5 Las figuras 15a y 15b ilustran un escenario similar. Tal y como se muestra, una partícula de mineral humedecida 172 se une al mismo tiempo a varias esferas sintéticas hidrófobas 174, de acuerdo con algunas realizaciones de la presente invención.

10 Según algunas realizaciones de la presente invención, las esferas sintéticas 74, 174 están configuradas para ser más grandes que las partículas minerales 72, 172 tal y como se muestra en las figuras 7a y 13a. Como tal, una pluralidad de partículas minerales 72, 172 se pueden unir a una esfera sintética 74, 174. De acuerdo con otras realizaciones de la presente invención, las esferas sintéticas 74, 174 están configuradas para que sean más pequeñas que las partículas minerales 71, 171 tal y como se muestra en las figuras 14a y 15a. Como tal, una pluralidad de esferas sintéticas 74, 174 se pueden unir a una partícula mineral 71, 171. El tamaño de las esferas sintéticas 74, 174 también puede ser aproximadamente el mismo que el tamaño de la partícula mineral 71, 171 tal y como se muestra en las figuras 14b y 15b. Según algunas realizaciones de la presente invención, solo una parte de la superficie de la esfera sintética 174 está funcionalizada para ser hidrófoba (con moléculas 179). Esto tiene los siguientes beneficios:

- 20
1. Evita que se acumulen demasiadas esferas, o limita la acumulación de esferas;
 2. Una vez que se adhiere un mineral, es probable que el peso del mineral obligue a la esfera a girar, permitiendo que la esfera se coloque por debajo de la esfera a medida que asciende a través de la celda de flotación;
- 25
- a. Mejor limpieza, ya que puede dejar pasar la ganga,
 - b. Protege la partícula o partículas minerales adheridas para que no se desprendan, y
 - c. Proporciona un ascenso más claro hacia la zona de recolección superior en la celda de flotación.

30 Según algunas realizaciones de la presente invención, solo una parte de la superficie de la esfera sintética 74 está funcionalizada para tener un grupo funcional que es un colector 78. El colector 78 tiene un ión para unirse a una partícula mineral. Esto tiene los siguientes beneficios:

- 35
- Una vez que se adhiere un mineral, es probable que el peso del mineral obligue a la esfera a girar, permitiendo que la cuenta se coloque por debajo de la esfera a medida que asciende a través de la celda de flotación;
- a. Mejor limpieza ya que puede dejar pasar la ganga
 - b. Protege la partícula o partículas minerales adheridas para que no se desprendan, y
 - c. Proporciona un ascenso más claro hacia la zona de recolección superior en la celda de flotación.
- 40

Según algunas realizaciones de la presente invención, una parte de la esfera sintética se funcionaliza con colectores mientras que otra parte de la misma esfera sintética se funcionaliza para que sea hidrófoba como se muestra en las figuras 16a y 16b. Como se muestra en la figura 16a, una esfera sintética 74 tiene una parte de superficie donde el polímero está funcionalizado para que tenga moléculas colectoras 73 con el grupo funcional 78, y el segmento molecular 76 unidas a la superficie de la esfera 74. La esfera sintética 74 también tiene una parte de superficie diferente en donde el polímero está funcionalizado para tener moléculas hidrófobas 179. En la realización tal y como la que se muestra en la figura 16b, la superficie completa de la esfera sintética 74 puede funcionalizarse para tener moléculas colectoras 73, pero una parte de la superficie está funcionalizada para que tenga moléculas hidrófobas 179 que le hagan hidrofóbico.

50 Según algunas realizaciones de la presente invención, una parte de la esfera sintética se funcionaliza con colectores mientras que otra parte de la misma esfera sintética se funcionaliza para que sea hidrófoba y esta esfera sintética "híbrida" también se configura para su uso en una celda de flotación tradicional. La esfera sintética "híbrida" (véanse las figuras 16a y 16b) tiene una parte hidrófoba y una parte colectoras separada. Cuando las esferas "híbridas" se mezclan con aire en la celda de flotación, algunas de ellas se adhieren a las burbujas de aire debido a la parte hidrófoba. Como la esfera sintética "híbrida" se une a una burbuja de aire, la parte colectoras de la esfera adherida puede recoger partículas minerales con los grupos funcionales. Por tanto, las esferas sintéticas, según algunas realizaciones de la presente invención, pueden usarse para reemplazar las burbujas de aire o para trabajar junto con las burbujas de aire en un proceso de flotación.

60 Esta esfera sintética "híbrida" puede recolectar partículas minerales que están húmedas y no húmedas.

Cabe señalar que las esferas sintéticas, de acuerdo con algunas realizaciones de la presente invención, se pueden usar en células depuradoras de relaves para eliminar los minerales no recuperados de una corriente de relaves. Las esferas sintéticas también se pueden utilizar en un estanque de eliminación o en los estanques de residuos.

65 Debe entenderse que las esferas sintéticas de acuerdo con la presente invención, ya sean funcionalizadas para

tener un colector o funcionalizadas para ser hidrófobas, también están configuradas para su uso en la separación de arenas oleaginosas, para separar el betún de la arena y el agua en la recuperación de betún en una arena oleosa en una operación de minera. Asimismo, los filtros y membranas funcionalizados, de acuerdo con algunas realizaciones de la presente invención, también están configurados para la separación de arenas oleaginosas.

5 Como se describe en la especificación, la extracción de minerales se asocia típicamente con el cobre y el níquel. Sin embargo, otros tipos o clases de materiales o minerales con valor de interés, como oro, molibdeno, etc.

10 **Gel de silicona**

A modo de ejemplo, los polímeros cargados positivamente se pueden recubrir con un gel de silicona para recoger el material con valor de interés de una amplia gama de tamaños, incluidas partículas mucho mayores de aproximadamente 500 micrómetros. Después de recubrir los polímeros cargados positivamente, el gel de silicona se curará y endurecerá para formar parte de los polímeros cargados positivamente y adherirse a ellos. El gel de silicona puede incluir, o adoptar la forma de, moléculas que tienen el grupo funcional siloxano, por ejemplo, incluyendo un siloxano que es, o puede adoptar la forma de, un grupo funcional en la química de organosilicio con el enlace Si-O-Si. A modo de ejemplo, los siloxanos parentales pueden incluir, o adoptar la forma de, hidruros oligoméricos y poliméricos con las fórmulas $H(OSiH_2)_nOH$ y de $(OSiH_2)_n$. El alcance de la invención también pretende incluir otros tipos o clases de siloxanos conocidos ahora o desarrollados posteriormente en el futuro, por ejemplo, incluyendo los compuestos ramificados, en donde la característica definitoria incluye que cada par de centros de silicio estén separados por un átomo de oxígeno. En una realización de la presente invención, y expuesta a modo de ejemplo, el gel de silicona puede adoptar la forma de un producto de Dow-Corning® Corporation, Midland, MI 48686-0994, Estados Unidos de América, por ejemplo el que se etiqueta como producto con el número 2986922-1104 (lote: 0007137499), que se vende en una combinación que incluye 3-4222 Dielectric Firm Gel Part A y 3-4222 Dielectric Firm Gel Part B. El gel viene con dos partes: La Parte A incluye dimetilsiloxano, dimetilvinil- terminado - 68083-19-2; polidimetilsiloxano - 63148-62-9; reacción de etilenglicol y sílice - 170424-65-4; destilado de petróleo nafténico ligero tratado con hidrógeno - 64742-53-6. La Parte B incluye dimetilsiloxano, -68083-19-2 terminado en dimetilvinilo; polidimetilsiloxano - 63148-62-9; dimetilsiloxano, ninguno terminado en hidrógeno; sílice trimetilada - 68909-20-6; dimetil, metilhidrógeno siloxano - 68037-59-2.

35 **Alcance de la invención**

Se debe apreciar además que cualquiera de las funciones, características, alternativas o modificaciones descritas con respecto a una realización particular en el presente documento también se puede aplicar, usar o incorporar con cualquier otra realización descrita en el presente documento. Aunque la invención ha sido descrita e ilustrada con respecto a ejemplos de realizaciones de la misma, lo anterior y otras diversas adiciones y omisiones se pueden realizar en la misma y sin apartarse del alcance de la presente invención tal y como se define en las reivindicaciones adjuntas. Cualquier información que quede fuera del alcance de las reclamaciones es solo para aclaración.

REIVINDICACIONES

1. Aparato que comprende:

5 una esfera sintética que tiene un cuerpo en fase sólida con una superficie y que está configurada con una carga eléctrica predeterminada para responder a un campo eléctrico predeterminado correspondiente; y

10 una pluralidad de moléculas unidas a al menos parte de la superficie, las moléculas comprenden un grupo funcional seleccionado para atraer y unir una o más partículas minerales de interés a las moléculas,

15 en donde el grupo funcional está configurado para hacer que la superficie sea hidrófoba, en donde la superficie está hecha de un polímero funcionalizado con las moléculas, y en el que el polímero se selecciona de un grupo que consiste en poli (dimetilsiloxano), polisiloxanatos, copolímero de silicona alquídica y fluoroalquilsilano.

2. Aparato según la reivindicación 1, en el que el cuerpo en fase sólida está configurado a partir de un polímero, incluyendo que el polímero sea polietilenimina, e incluyendo en el que la polietilenimina está diseñada o configurada para estar altamente cargada para que sea utilizada para recolectar las partículas minerales de interés y luego sea manipulada a través y por el correspondiente campo eléctrico predeterminado.

3. Aparato según la reivindicación 1, en el que el aparato comprende un tanque de flotación configurado entre una placa de metal con carga superior que tiene una primera polaridad y una placa de metal con carga inferior que tiene una segunda polaridad opuesta a la primera polaridad, y también configurada para llenarse y contener una solución o suspensión que tiene esferas sintéticas en forma de polímeros cargados que tienen la primera polaridad, colectores incrustados y una suspensión mineral que tiene las partículas minerales de interés, la placa de metal con carga superior y la placa de metal con carga inferior están configuradas para generar el correspondiente predeterminado campo eléctrico en la suspensión mineral a fin de manipular los polímeros cargados, incluso cuando

la placa de metal con carga superior y la placa de metal con carga inferior están configuradas para hacer que los polímeros cargados, junto con una o más partículas minerales de interés que puedan estar adheridas a ellos, migren a través de la suspensión mineral hacia la placa de metal con carga superior, en base a al menos en parte al campo eléctrico predeterminado, o

la placa de metal superior está configurada con una carga negativa y configurada, dispuesta o colocada sobre el tanque de flotación, la placa de metal con carga inferior está configurada con una carga positiva y configurada, dispuesta o ubicada debajo del tanque de flotación, y los polímeros cargados están configurados con una carga positiva correspondiente, o

la polaridad de la placa de metal con carga superior y la placa de metal con carga inferior se invierte periódicamente para expulsar las partículas o polímeros con carga adherida que entraron en contacto con la placa de metal con carga superior y se mantuvieron allí, lo que hace que se liberen y migren en la dirección de la placa de metal con carga inferior.

4. Aparato según la reivindicación 1, en el que el cuerpo en fase sólida comprende una cubierta que proporciona la superficie, la cubierta está hecha del polímero funcionalizado con las moléculas, incluyendo en el que

la esfera sintética está configurada para atraer las partículas minerales en una mezcla acuosa, y en donde la cubierta comprende una parte interior dispuesta para encapsular un elemento gaseoso de manera que la esfera tenga una densidad menor que la mezcla acuosa, o

la esfera sintética está configurada para atraer o adherirse a las partículas minerales en una mezcla acuosa, y en donde la cubierta comprende una parte interior dispuesta para encapsular un líquido que tiene una propiedad química diferente de la mezcla acuosa, o

la esfera sintética está configurada para atraer las partículas minerales en una mezcla acuosa, y donde la cubierta comprende una parte interior dispuesta para encapsular un material en fase sólida diferente del material sintético de la cubierta y el material en fase sólida se selecciona para controlar la densidad de la esfera sintética en relación con la densidad de la mezcla acuosa, o

la cubierta comprende una parte interior configurada para encapsular un material magnético, o

la cubierta comprende una parte interior configurada para encapsular un material en fase sólida diferente del material sintético.

5. Aparato según la reivindicación 1, en el que el cuerpo en fase sólida comprende un núcleo y un revestimiento sobre el núcleo para proporcionar la superficie, en el que el revestimiento está hecho del polímero funcionalizado con las moléculas y el núcleo está hecho de un material de núcleo diferente del polímero, incluso cuando el material del núcleo se selecciona de un grupo que consiste en vidrio, cerámica, metal y un polímero que es diferente del polímero funcionalizado con las moléculas.
6. Aparato según la reivindicación 1, en el que la superficie comprende estructuras físicas configuradas para atrapar las partículas minerales, incluyendo en el que las estructuras físicas comprenden ranuras o abolladuras, o las estructuras físicas comprenden estructuras similares a los cabellos.
7. Aparato según la reivindicación 1, en el que las partículas minerales de interés tienen un tamaño máximo y el cuerpo en fase sólida tiene un tamaño corporal mayor que el tamaño máximo; o las partículas minerales tienen un tamaño mínimo y el cuerpo en fase sólida tiene un tamaño corporal menor que el tamaño mínimo.
8. Aparato según la reivindicación 1, en el que el grupo funcional tiene un anión para atraer las partículas minerales de interés a la superficie.
9. Aparato según la reivindicación 1, en el que el grupo funcional es un colector que es iónico o no iónico, incluso cuando el grupo funcional es aniónico o catiónico y el anión comprende un oxihidrilo, que incluye carboxílico, sulfatos y sulfonatos, y enlace sulfhidral.
10. Aparato de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la esfera sintética está configurada con un tamaño:
- menos de 100 μm para atraer partículas minerales que tienen un tamaño sustancialmente similar, incluso en aplicaciones relacionadas con celdas de flotación; o
 - aproximadamente 100 μm para atraer o unir partículas minerales que tienen un tamaño sustancialmente similar, un tamaño menor o un tamaño mayor; o
 - en un rango de aproximadamente 50 a 500 μm para atraer o unir partículas minerales que tienen un tamaño sustancialmente similar, o
 - aproximadamente 200 μm para atraer partículas minerales de interés que tengan un tamaño sustancialmente similar, o
 - en un rango de aproximadamente 1 mm a 10 mm, incluso en aplicaciones relacionadas con un estanque de relaves, o
 - en un rango de aproximadamente 50 μm a 10 mm.
11. Aparato según la reivindicación 1, en el que el cuerpo en fase sólida comprende un bloque poroso que proporciona la superficie, el bloque poroso hecho de un material sintético que comprende las moléculas.
12. Aparato según la reivindicación 1, en el que sólo al menos parte de la superficie está configurada para tener las moléculas unidas a la misma, en el que las moléculas comprenden colectores, incluso cuando otra parte de la superficie está configurada para ser hidrófoba.
13. Procedimiento que comprende:
- proporcionar una esfera o burbuja sintética que tiene un cuerpo en fase sólida con una superficie, y que está configurada con una carga eléctrica predeterminada para responder a un campo eléctrico predeterminado correspondiente; y
 - unir una pluralidad de moléculas a la superficie, las moléculas comprenden un grupo funcional seleccionado para atraer una o más partículas minerales de interés a las moléculas, donde el grupo funcional está configurado para hacer que la superficie sea hidrófoba, en donde la superficie está hecha de un polímero funcionalizado con las moléculas, y en el que el polímero se selecciona de un grupo que consiste en poli (dimetilsiloxano), polisiloxanatos, copolímero de silicona alquídica y fluoroalquilsilano.
14. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 13, en el que el procedimiento comprende configurar el cuerpo en fase sólida a partir de un polímero, incluyendo en el que el polímero es polietilenimina y el procedimiento comprende diseñar o configurar la polietilenimina para que esté altamente cargada para que sea utilizada para recolectar las partículas minerales de interés y luego sea manipulada a través y por el correspondiente campo eléctrico predeterminado.
15. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 13, en el que el procedimiento comprende

configurar un tanque de flotación entre una placa de metal con carga superior que tiene una primera polaridad y una placa de metal con carga inferior que tiene una segunda polaridad opuesta a la primera polaridad;

5 configurar el tanque de flotación para que se llene y contenga una solución o suspensión que tenga esferas sintéticas en forma de polímeros cargados que tengan la primera polaridad, colectores incrustados y una suspensión mineral que tenga las partículas minerales de interés; y

10 configurar la placa de metal con carga superior y la placa de metal con carga inferior para generar el campo eléctrico predeterminado correspondiente en la suspensión mineral con el fin de manipular los polímeros cargados, incluso cuando

15 el procedimiento comprende configurar la placa de metal con carga superior y la placa de metal con carga inferior para hacer que los polímeros cargados, junto con una o más partículas minerales de interés que puedan estar unidas a las mismas, migren a través de la suspensión mineral hacia la placa de metal con carga superior, basado al menos en parte en el campo eléctrico predeterminado; y

el procedimiento comprende:

20 configurar la placa superior de metal con carga negativa;

configurar, disponer o colocar la placa de metal superior sobre el tanque de flotación;

configurar la placa de metal con carga inferior con una carga positiva;

25 configurar, disponer o ubicar la placa de metal con carga inferior por debajo del tanque de flotación; y

configurar los polímeros cargados con una carga positiva correspondiente; o

30 el procedimiento comprende invertir periódicamente la polaridad de la placa de metal con carga superior y la placa de metal con carga inferior para expulsar cualquier partícula o polímero con carga adherida que entró en contacto con la placa de metal con carga superior y se mantuvo allí, provocando su liberación y para migrar en la dirección de la placa de metal con carga inferior.

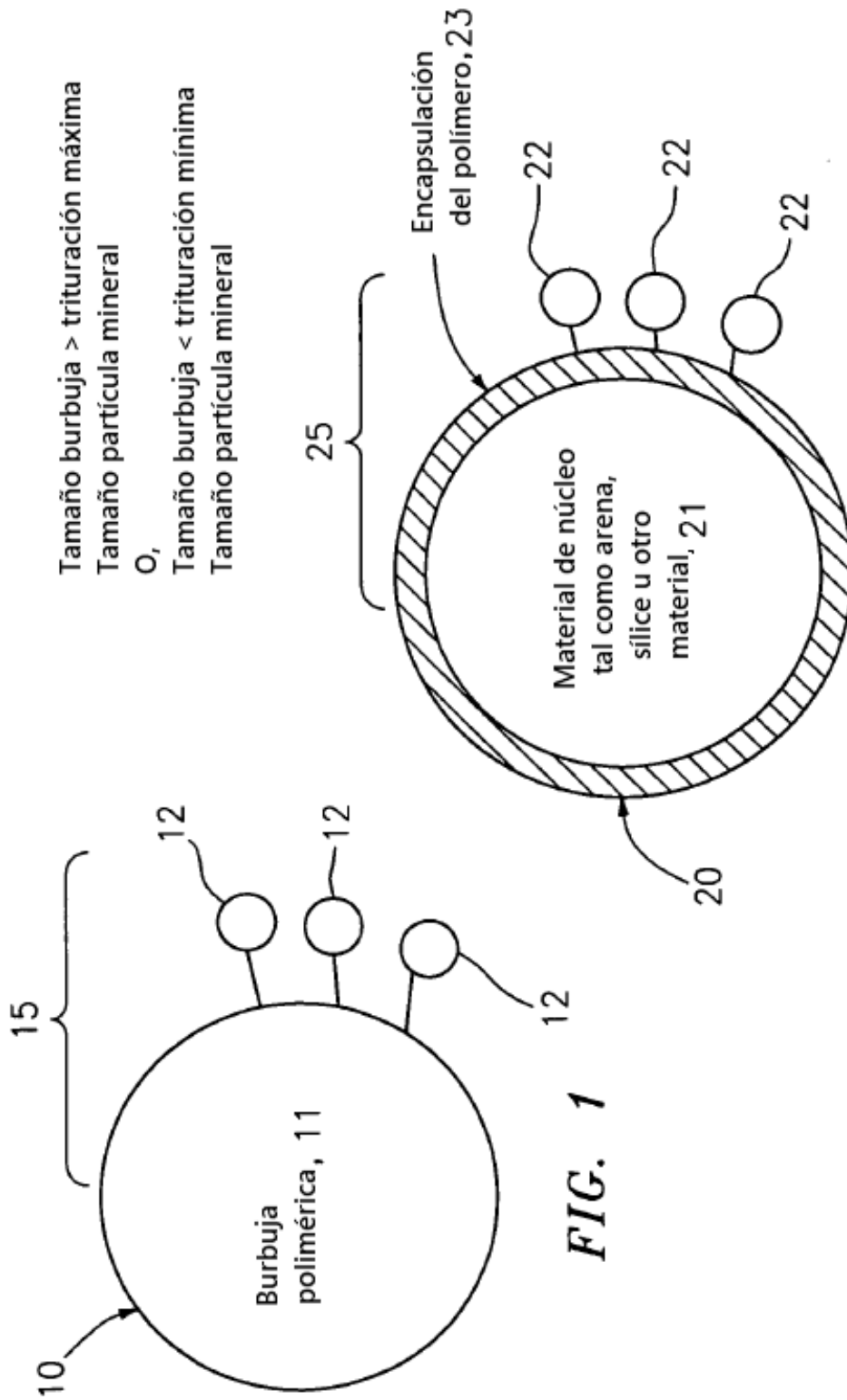


FIG. 2

Esferas o burbujas basadas en el tamaño

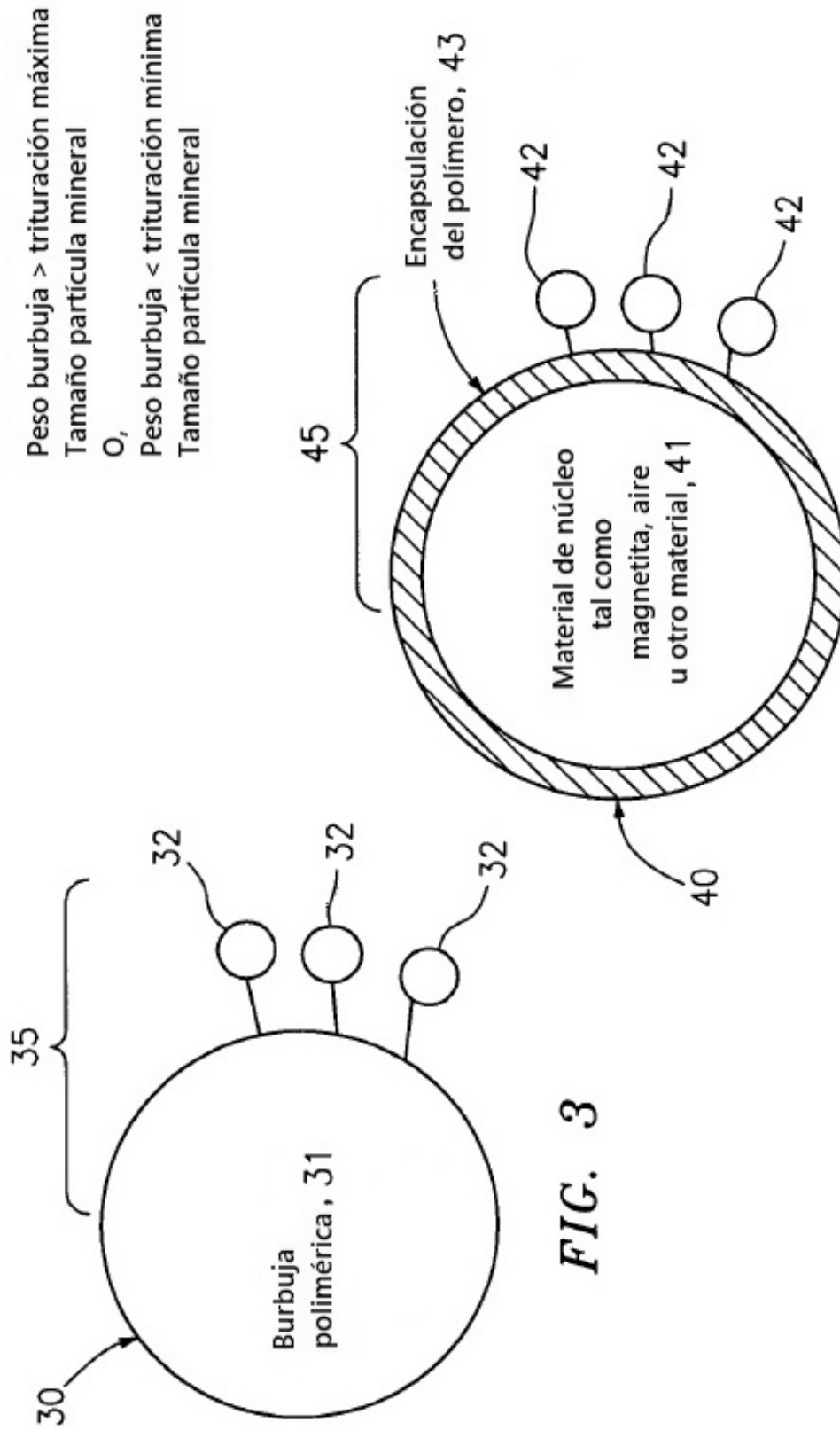


FIG. 3

FIG. 4

Esferas o burbujas basadas en el peso

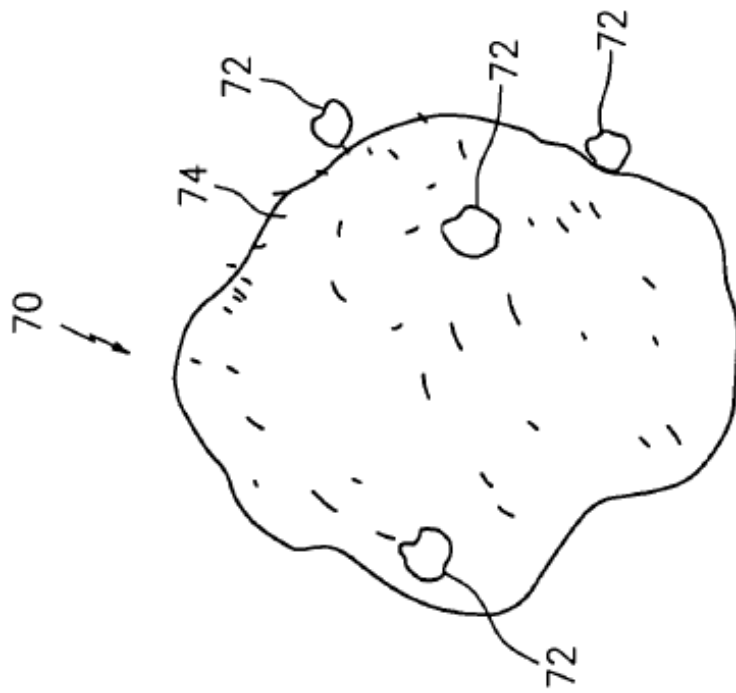


FIG. 7a



FIG. 7b

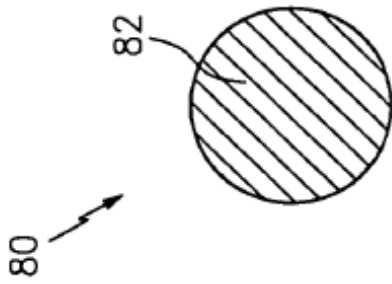


FIG. 8a

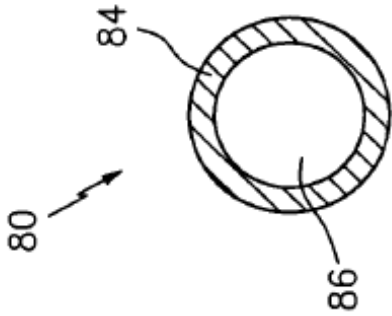


FIG. 8b

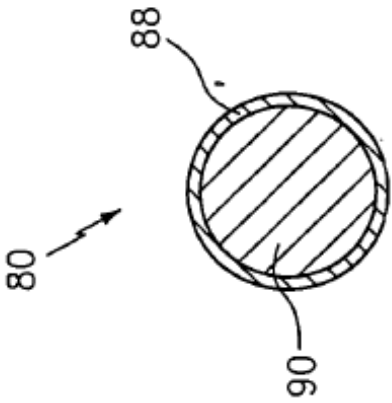


FIG. 8c

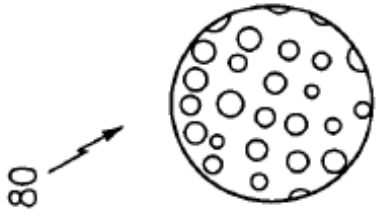


FIG. 8d

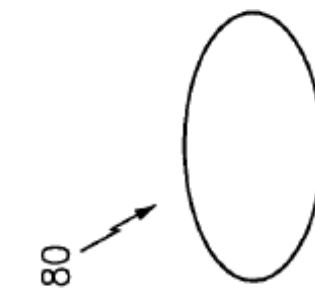


FIG. 9a

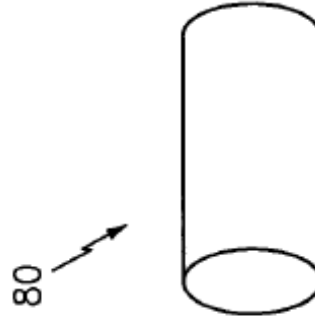


FIG. 9b

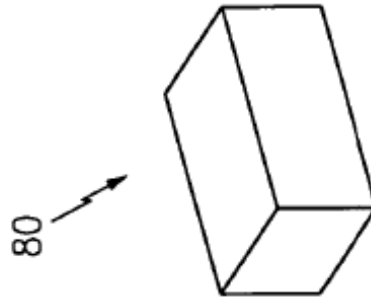


FIG. 9c

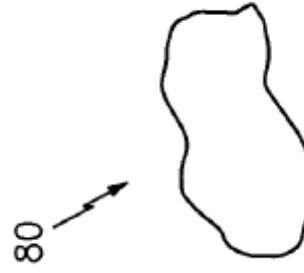


FIG. 9d

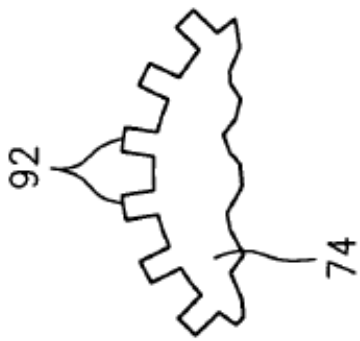


FIG. 10a

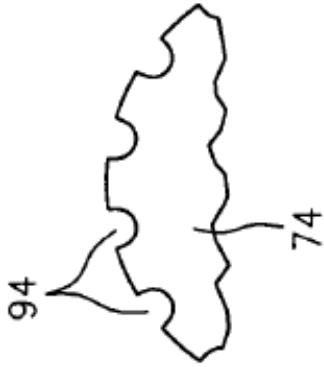


FIG. 10b

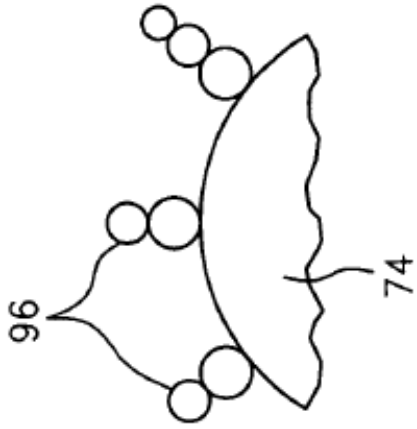


FIG. 10c

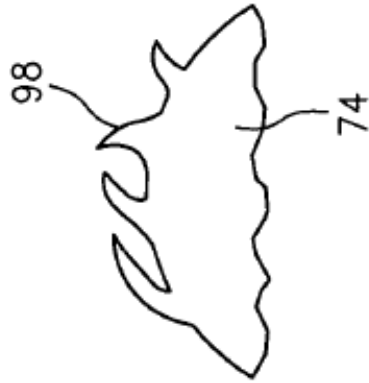


FIG. 10d

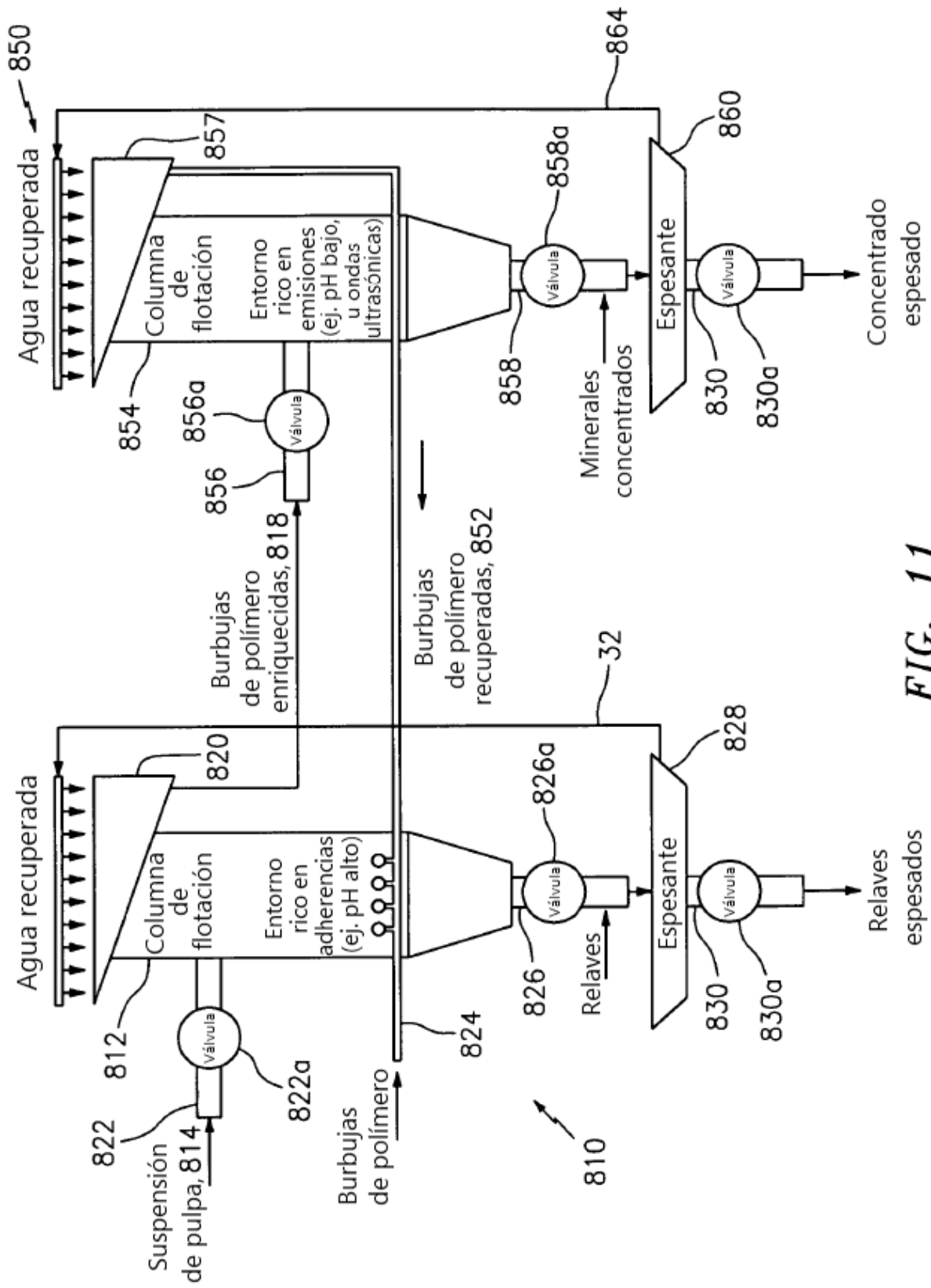


FIG. 11

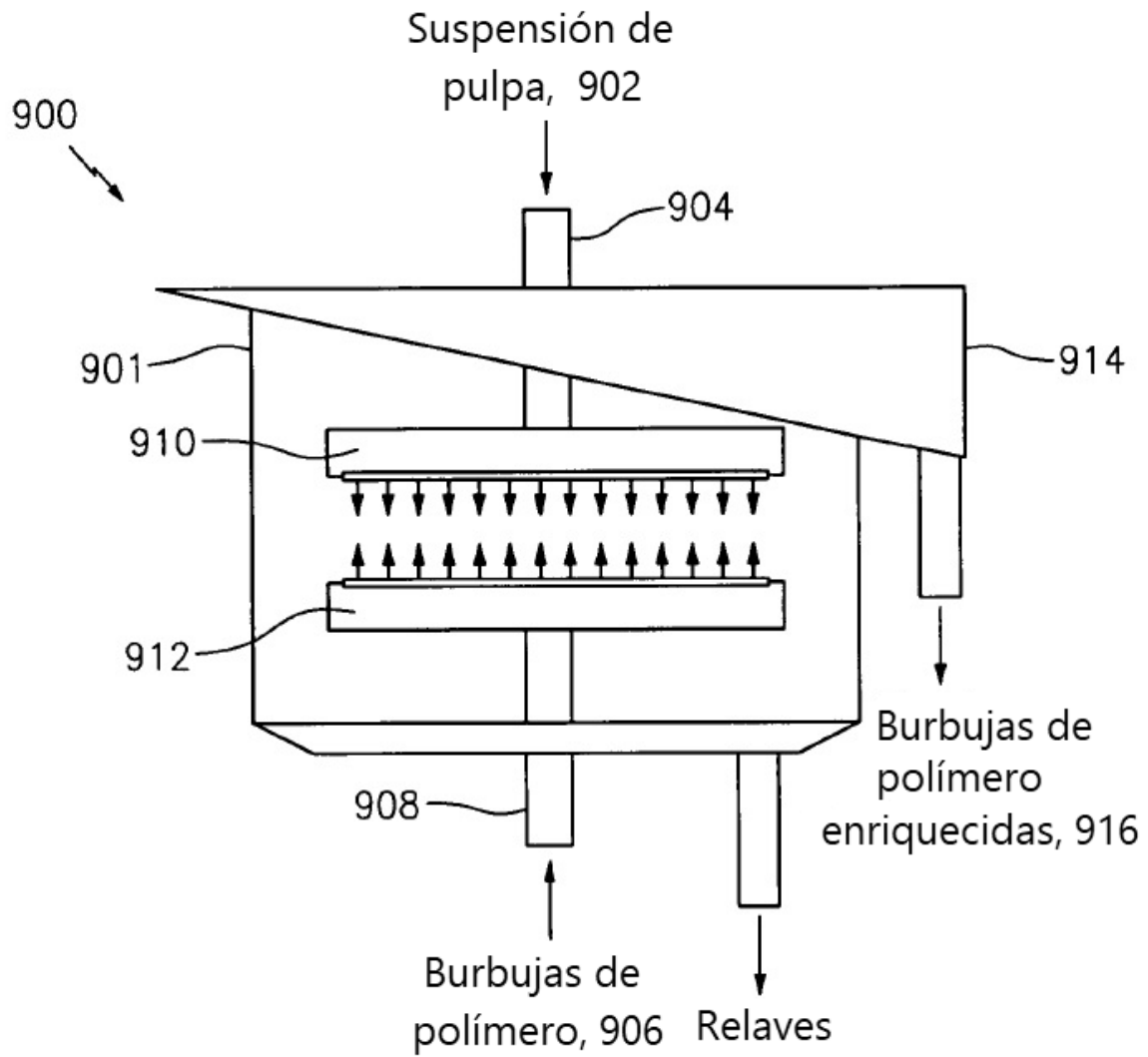


FIG. 12: Celda o columna de flotación alternativa

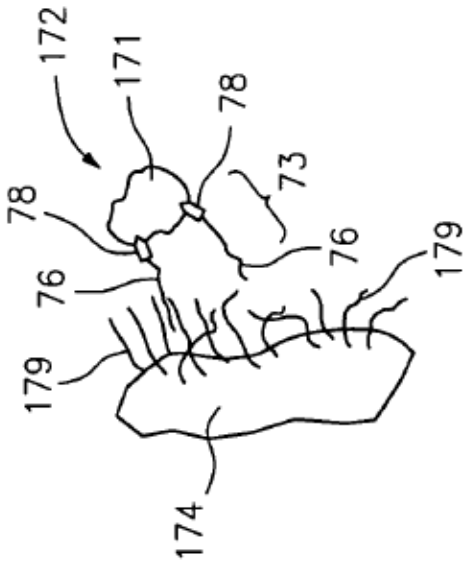


FIG. 13b

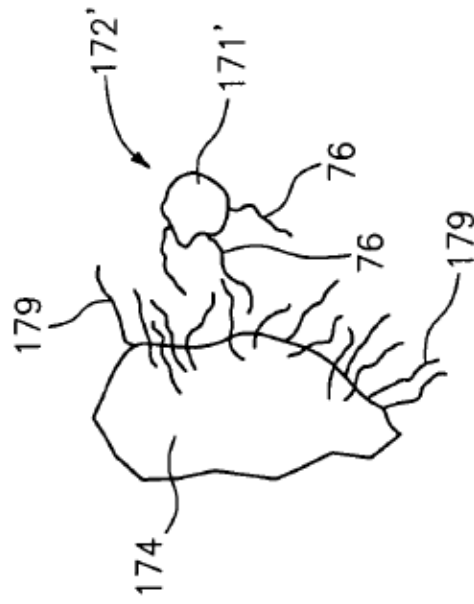


FIG. 13c

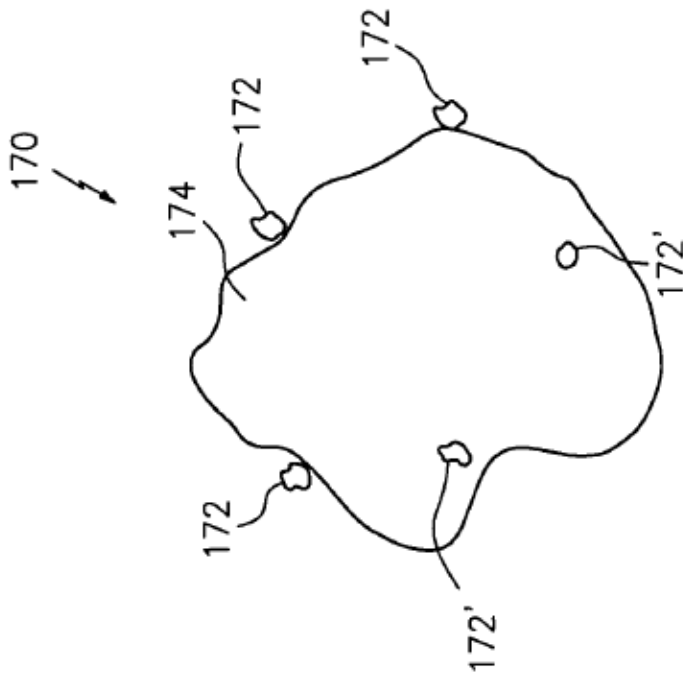


FIG. 13a

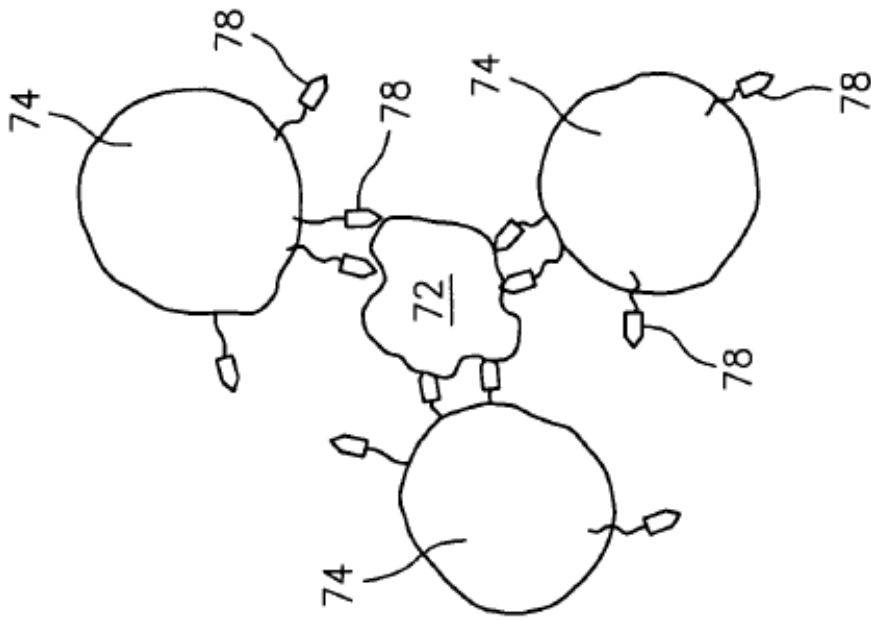


FIG. 14b

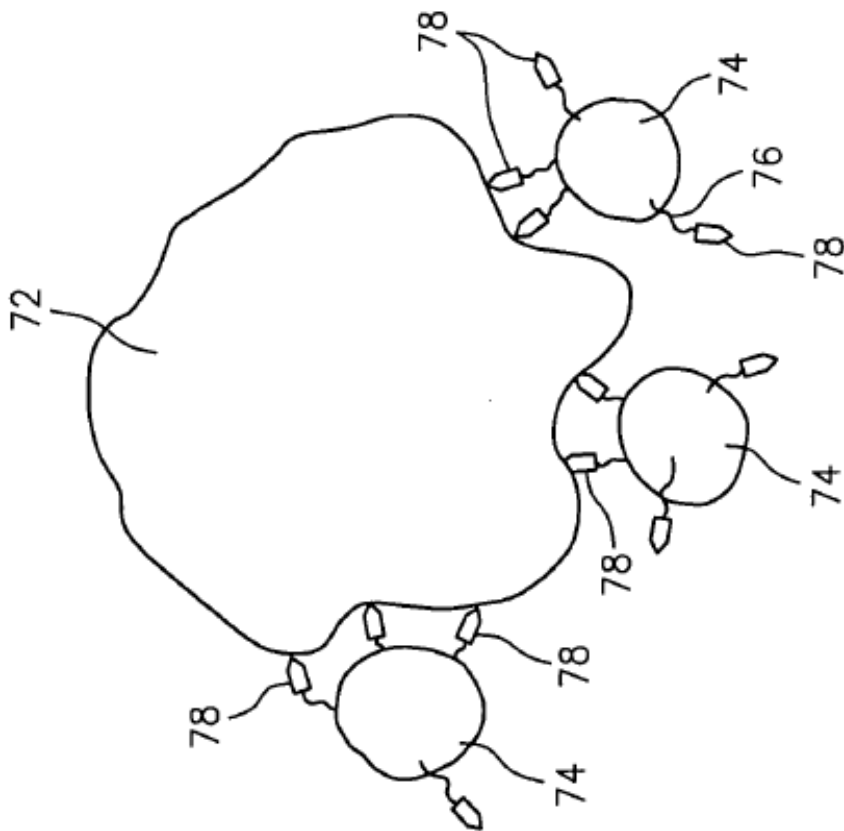


FIG. 14a

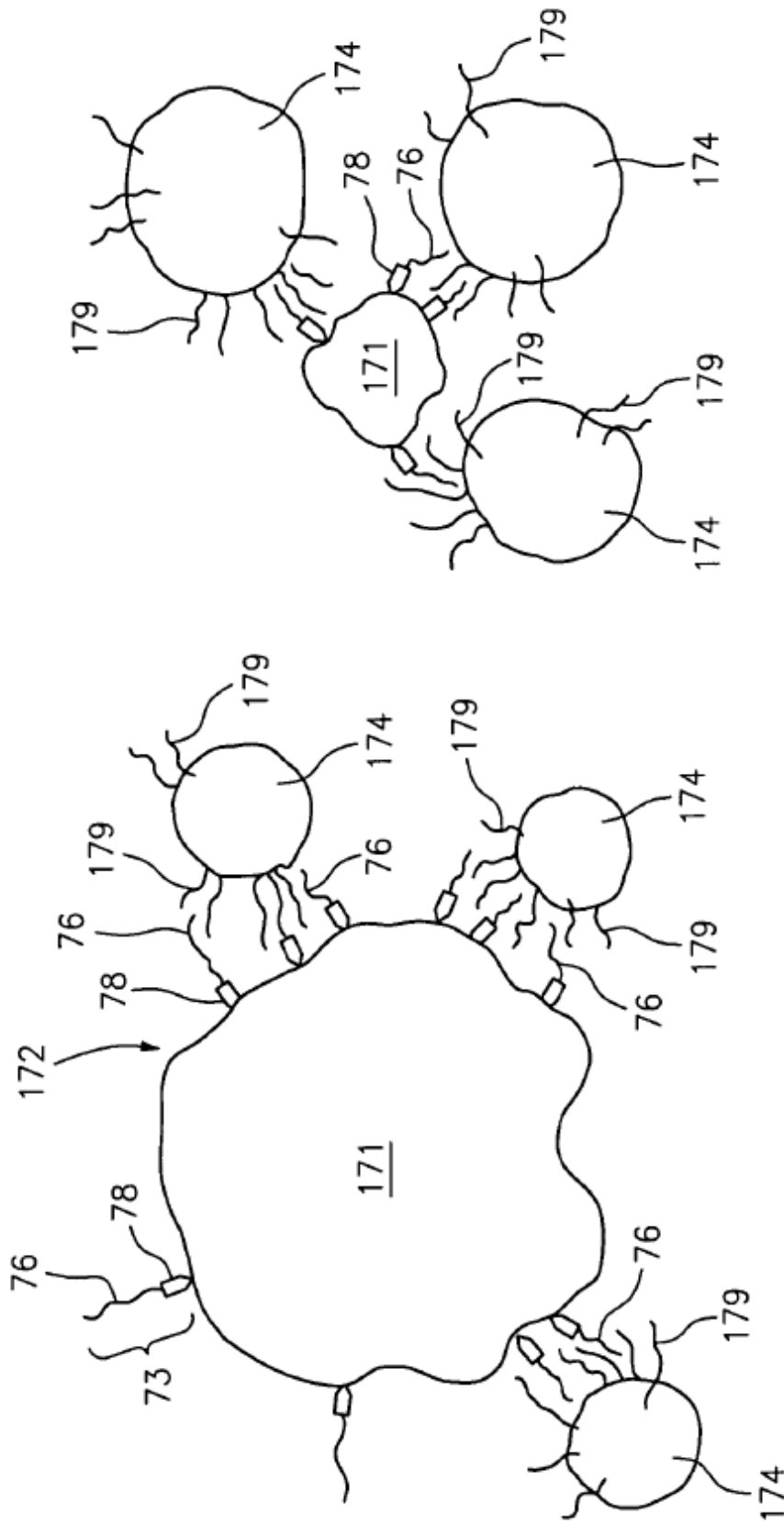


FIG. 15b

FIG. 15a

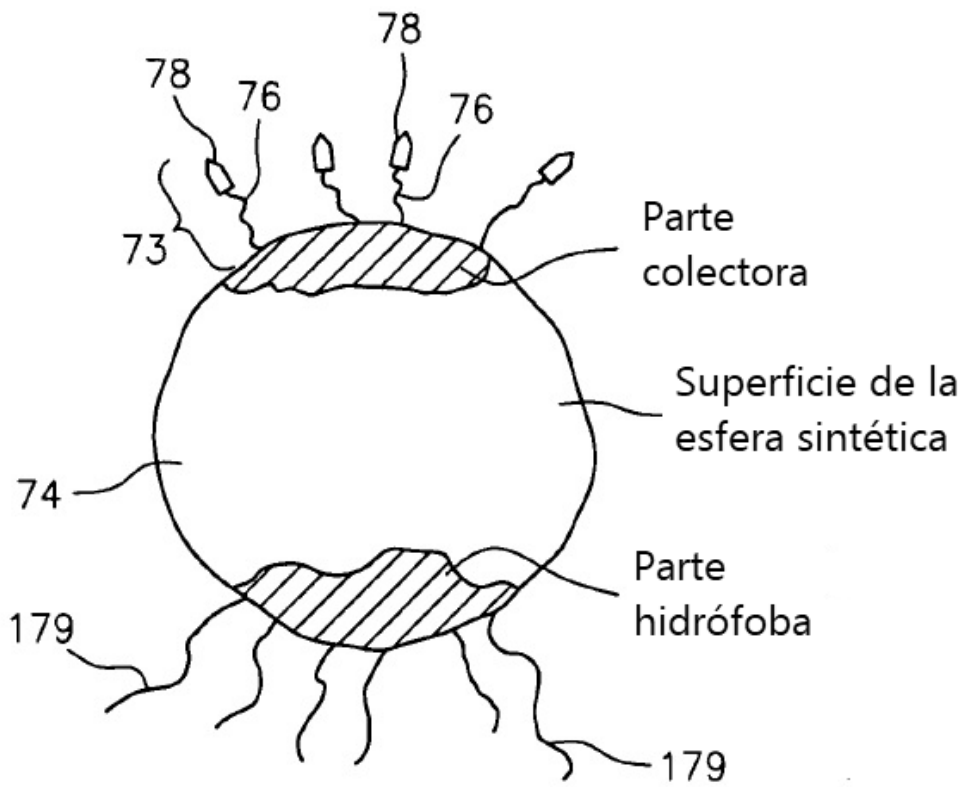


FIG. 16a

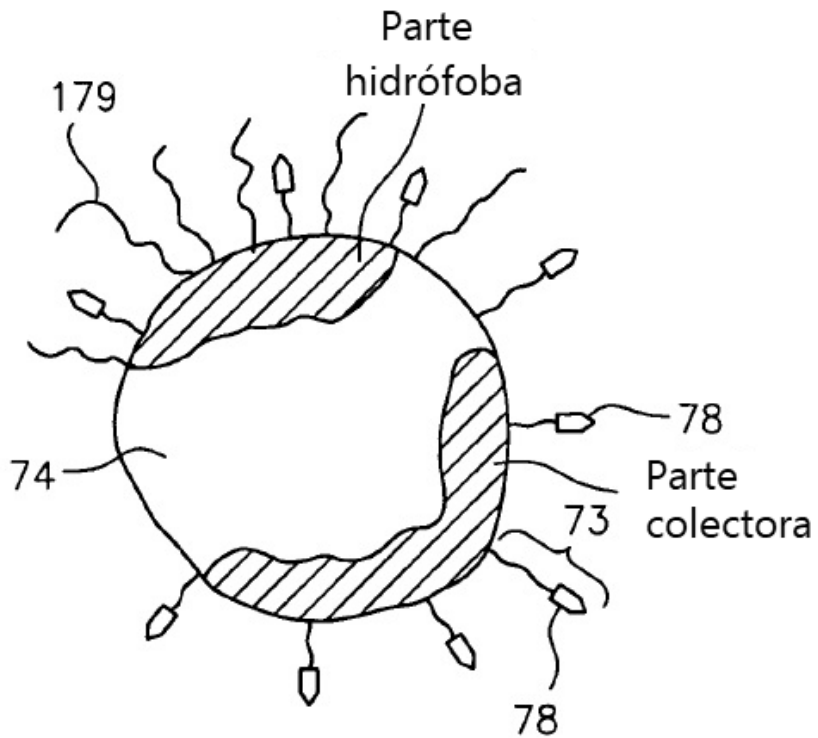


FIG. 16b

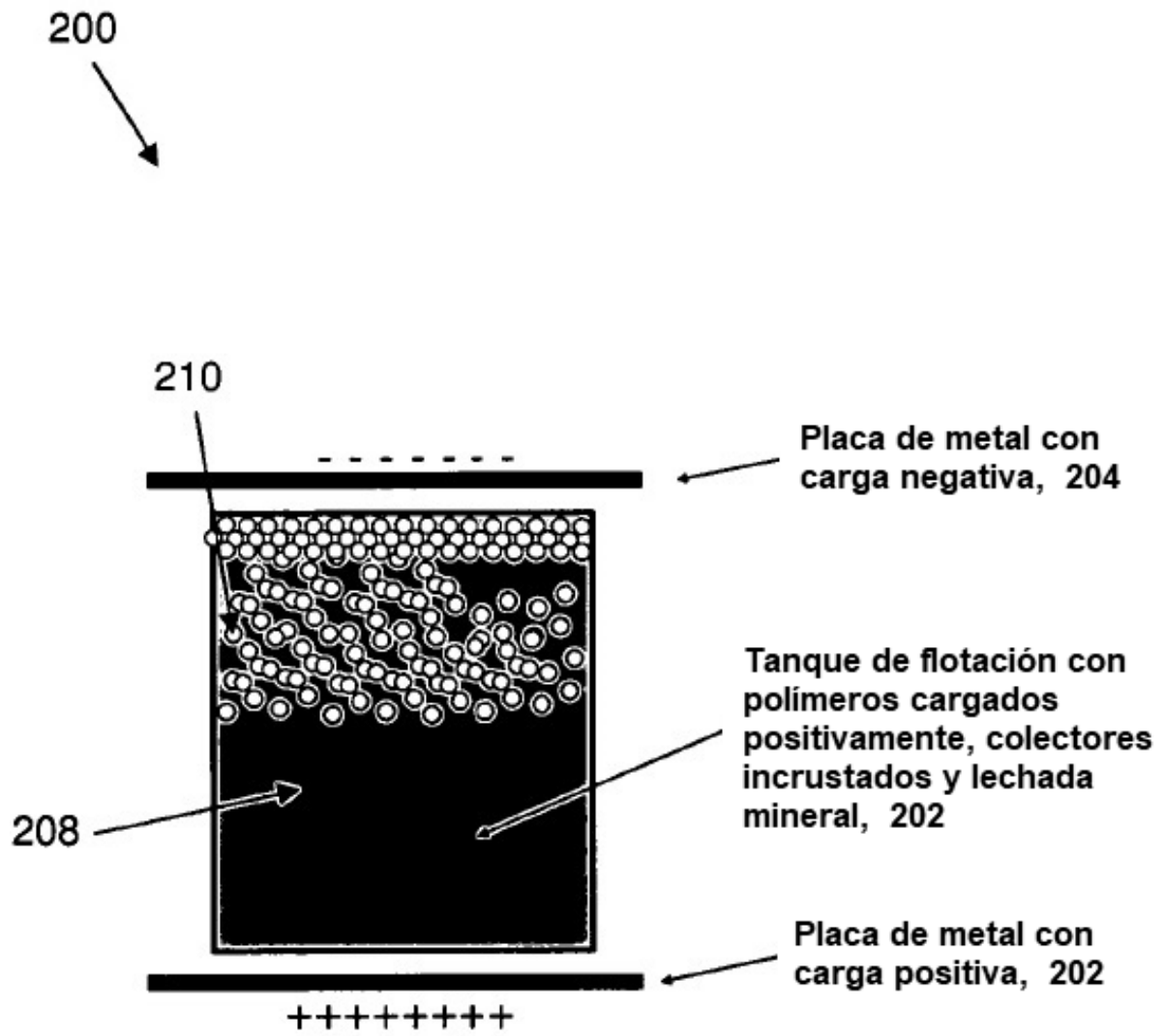


Figura 17