

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 936 663**

51 Int. Cl.:

B01D 15/02 (2006.01)

B03D 1/02 (2006.01)

B03C 1/01 (2006.01)

B03D 1/004 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **25.05.2012** **PCT/US2012/039528**

87 Fecha y número de publicación internacional: **06.12.2012** **WO12166580**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.05.2012** **E 12792251 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.10.2022** **EP 2714242**

54 Título: **Separación por flotación mediante esferas o burbujas que contienen polidimetilsiloxano**

30 Prioridad:

25.05.2011 US 201161489893 P

12.09.2011 US 201161533544 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
21.03.2023

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

ROTHMAN, PAUL, J.;
FERNALD, MARK, R.;
DIDDEN, FRANCIS, K.;
O'KEEFE, CHRISTIAN, V.;
KERSEY, ALAN, D. y
ADAMSON, DOUGLAS, H.

74 Agente/Representante:

MARTÍN SANTOS, Victoria Sofia

ES 2 936 663 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

Separación por flotación mediante esferas o burbujas que contienen polidimetilsiloxano

5 **Antecedentes de la invención**

1. *Campo técnico*

10 La presente invención se refiere en general a un procedimiento y un aparato para separar material con valor económico o material valioso del material no deseado en una mezcla, tal como una suspensión [lechada] de pulpa.

2. *Descripción de la técnica relacionada*

15 En muchos procesos industriales, la flotación se utiliza para separar material valioso o deseado del material no deseado. A modo de ejemplo, en este proceso se coloca una mezcla de agua, material valioso, material no deseado, sustancias químicas y aire en una celda de flotación. Las sustancias químicas se 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 adhieren entre sí. La burbuja sube a la superficie llevando consigo el material deseado.

20 El rendimiento de la celda de flotación depende del flujo del área del área superficial de la burbuja en la zona de recolección de la celda. El flujo del área superficial de la burbuja depende del tamaño de las burbujas y de la velocidad de inyección de aire. Controlar el flujo del área superficial de la burbuja ha sido por lo general algo muy difícil. Este es un problema de control multivariable y no existen mecanismos de retroalimentación en tiempo real confiables para usarse para el control.

25 La recuperación de minerales de dicho proceso puede depender en gran medida de la distribución del tamaño de las partículas minerales que ingresan a la celda de flotación. Por lo general, la recuperación de partículas gruesas y finas puede ser significativamente menor que el tamaño de partícula óptimo. En las operaciones mineras se descargan rutinariamente partículas de gran tamaño que han sido bien liberadas al estanque de relaves.

30 En el documento de Jorge Rubio et al: "*The process of separation of fine mineral particles by flotation with hydrophobic polymeric carrier*", *INTERNATIONAL JOURNAL OF MINERAL PROCESSING*, ["*El proceso de separación de partículas minerales finas por flotación con portador polimérico hidrofóbico*", *REVISTA INTERNACIONAL DE PROCESAMIENTO DE MINERALES*], vol. 37, núm. 1-2, 1 de enero de 1993 (1993-01-01), páginas 109-122, se refiere a un proceso basado en la unión de partículas minerales a la superficie de partículas portadoras poliméricas a través de interacciones hidrofóbicas. El soporte es polipropileno tratado con ácido oleico emulsionado (ácido graso).

40 Ácido oleico: $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH} = \text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$

45 El documento WO 02/066168 A1 hace referencia a proporcionar un colector para suspensión mineral que comprende un material sólido en partículas que tiene una superficie provista de grupos funcionales de hidroxamato. El material particulado sólido es magnético, flotante en líquido acuoso o magnético y flotante. Más particularmente, la superficie se trata con silano o siloxano organofuncional y un monómero que tiene grupos funcionales capaces de reaccionar con hidroxilamina para formar un grupo hidroxamato.

50 El documento US 3 224 582 A se ocupa de la flotación de espuma para el beneficiado de la arcilla de caolín. La arcilla de caolín en agua se mezcla con partículas colectoras accesorias para ayudar a la flotación de la arcilla de caolín finamente dividida. A continuación, la mezcla se somete a flotación por espuma en la que se introduce aire para proporcionar una superficie de columna de burbujas con grados controlables de olefilia. Estas partículas colectoras accesorias están compuestas por polímeros sólidos no cerosos como polietilenos, polipropilenos, poliestirenos, PVC, poliácrlatos, polimetacrilatos, poliamidas, polimetileno políésteres y fenol políésteres en presencia de aceites minerales.

55 El documento US 2009/206040 A1 se ocupa de eliminar partículas finamente dispersas de un fluido, usando una partícula funcionalizada mediante la unión de al menos un grupo activador o un grupo funcional de amina para modificar la partícula, de modo que la partícula modificada se acompleje con la materia particulada para formar un complejo removible. Preferiblemente, la materia en partículas se ha complejado con un agente de anclaje. El material activador es un polímero. Se pueden usar polímeros o floculantes para la activación, y se pueden usar isociano y epoxi silanos como agentes de acoplamiento para reaccionar con la poliamina. Las "partículas finas activadas" se pueden unir a las partículas de anclaje mediante anclaje.

60 El documento US 2008/290 029 A1 se ocupa de la eliminación de materia orgánica y/o microcontaminantes del agua mediante el uso de un producto modificado de origen natural como la goma vegetal, el almidón.

Otro estado de la técnica relevante son los documentos WO 83/01397 A1; US 6 200 377 B1; US 2 957 576 A; y el documento US 5 260 353 A.

5 Existe la necesidad en la industria de proporcionar una mejor manera de separar el material valioso 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.

Sumario de la invención

10 El objeto de la presente invención es un aparato según la reivindicación 1 y un método según la reivindicación 8. Las realizaciones de la invención se definen en las respectivas reivindicaciones dependientes.

La presente invención proporciona técnicas de separación por flotación utilizando esferas o burbujas sintéticas ligeras, o las denominadas "*Engineered Bubbles*"™ [*burbujas manipuladas*].

15 La presente invención consiste en reemplazar las burbujas de aire en una celda de flotación que se utilizan actualmente en el estado de la técnica con un material de densidad similar que tiene características de tamaño muy controlables. Al controlar el tamaño y la tasa de inyección, se puede lograr un flujo de área superficial muy preciso. Este tipo de control permitiría ajustar o seleccionar el tamaño de la perlas esfera o la burbuja al tamaño de partícula de interés para separar mejor el material valioso o deseado del material no deseado en la mezcla. El material o
20 medio es una burbuja o esfera sintética que tiene la forma de cuerpos en fase sólida, donde los cuerpos en fase sólida se definen en la reivindicación 1. Estas burbujas o esferas son muy económicas de fabricar y tienen una densidad muy baja. Se comportan de forma muy similar a una burbuja, pero no explotan.

25 Dado que este tamaño medio de levantamiento no depende de las sustancias químicas en la celda de flotación, las sustancias químicas pueden adaptarse para optimizar la hidrofobicidad y la estabilidad de la espuma. No es necesario comprometer el rendimiento del vaporizador para generar el tamaño de burbuja deseado. Se puede personalizar una distribución de tamaño controlado del medio para maximizar la recuperación de diferentes matrices de alimentación a la flotación a medida que cambia la calidad del mineral.

30 Puede haber una mezcla de aire y esferas o burbujas ligeras. Las esferas o burbujas livianas se pueden usar para elevar el material valioso y el aire se puede usar para crear la capa de espuma deseada para lograr el grado de material deseado.

35 La química de esferas o burbujas también se desarrolla para maximizar las fuerzas de unión de las esferas o burbujas livianas y el material valioso.

Se puede incluir un proceso o procesador de recuperación de esferas, respectivamente, en el aparato de la invención para permitir la reutilización de esferas o burbujas sintéticas ligeras en un proceso de circuito cerrado. Este
40 proceso puede consistir en una estación de lavado en la que el mineral valioso se elimina mecánica, química o electrostáticamente de las esferas o burbujas ligeras.

El proceso de separación o procesador

45 De acuerdo con algunas realizaciones de la presente invención, y a modo de ejemplo, el proceso de separación puede utilizar equipos de la industria minera existentes, que incluyen espesantes y las celdas de columna habituales. Las esferas o burbujas sintéticas ligeras se pueden inyectar en una primera columna o celda tradicional mediante un puerto de para la inyección de aire y así subir a la superficie. Esta primera columna o celda tradicional tiene un entorno propicio para la unión de partículas. A medida que las esferas o burbujas sintéticas livianas se elevan, chocan con las partículas minerales que caen. Las partículas minerales que caen se adhieren a las esferas o
50 burbujas sintéticas ligeras y flotan o se presentan en la superficie. El agua de lavado se puede utilizar para limpiar la ganga arrastrada. Las burbujas y el mineral recuperados pueden enviarse a otra columna o celda habitual e inyectarse, por ejemplo, en el centro de la columna. Esta columna o celda habitual tiene un entorno propicio para la liberación de las partículas minerales. Las partículas minerales caen al fondo y las burbujas o esferas sintéticas flotan o suben a la superficie. Las burbujas o esferas sintéticas pueden recuperarse y luego devolverse al proceso que tiene lugar en la primera columna o celda habitual.

Se pueden usar espesantes para recuperar el agua del proceso en ambas etapas del proceso.

Recuperación por flotación de partículas gruesas de mineral en minería

De acuerdo con algunas realizaciones, la presente invención puede usarse para la recuperación por flotación de partículas gruesas de mineral en minería.

65 Por ejemplo, el concepto puede tomar la forma de la creación de esferas sintéticas ligeras en una recuperación de flotación para elevar partículas, por ejemplo, mayores de 150 micras, a la superficie en una columna o celda de

flotación.

La idea fundamental es crear una coraza o una esfera cordón estructurada "semiporosa" o una burbuja de un tamaño predeterminado y utilizarlo como una "burbuja de aire" diseñada para mejorar la recuperación por flotación, por ejemplo, de partículas gruesas de mineral en la minería.

La recuperación por flotación se puede implementar en múltiples etapas, por ejemplo, donde la primera etapa funciona bien para recuperar el mineral triturado al tamaño correcto (<150 micrones), pero las partículas de mineral que son demasiado pequeñas o demasiado grandes pasan a las etapas posteriores y son más difícil de recuperar.

La presente invención incluye la creación de las "burbujas" y su ingeniería [o manipulación] para llevar el mineral a la superficie usando cuerpos en fase sólida como se define en la reivindicación 1 para atraer el mineral.

Dependiendo del procedimiento de "diseño o ingeniería" de la burbuja, sobre o cerca de la superficie, la cubierta podría disolverse (activada por el tiempo) y liberar un agente que promueve aún más la formación de espuma.

Bloques de polímero con aire incorporado

De acuerdo con algunas realizaciones, la presente invención puede adoptar la forma de burbujas sintéticas de flotación, utilizando un concepto como la incorporación de burbujas de aire en bloques de polímero, que están diseñados para atraer minerales ricos en minerales a su superficie y luego flotar en la parte superior del tanque de flotación.

Los beneficios de este enfoque incluyen el hecho de que las "burbujas diseñadas" en un polímero pueden permitir que una variedad mucho mayor de granos de mineral se eleven a la superficie y, por lo tanto, mejoren la eficiencia de recuperación.

De acuerdo con algunas realizaciones, se pueden producir bloques de polímero de tamaño óptimo con un alto porcentaje de aire con sustancias químicas colectoras apropiados también encapsuladas en el polímero.

Una vez que los bloques están dentro, por ejemplo, en una mezcla como una pulpa en suspensión, las sustancias químicas del colector pueden liberarse para atraer inicialmente a las partículas de mineral ricas en minerales y luego subir a la superficie.

Concepto de súper humectabilidad

Se pueden usar moléculas colectoras adaptadas para mejorar la humectabilidad de las partículas ricas en mineral, por ejemplo, para mejorar la absorción de partículas ricas en mineral de diferentes tamaños en la espuma, lo que probablemente funcione bien para partículas más pequeñas. Los grupos funcionales de los cuerpos en fase sólida pueden unirse bien a las partículas ricas en minerales con baja funcionalidad polar. Además, pero fuera del alcance de las reivindicaciones, se puede usar un oligómero lineal/polímero de bajo peso molecular para envolver partículas ricas en minerales haciéndolas más hidrofóbicas y, por lo tanto, más propensas a flotar cuando se forman en la espuma. Algunas ventajas del concepto de súper humectabilidad incluyen aumentar el área de superficie de la esfera o burbuja sintética, así como aumentar la cantidad de área de superficie en contacto con la partícula rica en mineral. En el presente documento también se describe el uso de un polímero superhidrofóbico que recubre la superficie, o el uso de un recubrimiento específico que se selecciona para atraer un mineral particular de interés en la mezcla.

Control de dosis

De acuerdo con la presente invención, las esferas o burbujas sintéticas se funcionalizan para controlar la química de un proceso que se realiza en una celda o columna, incluida la liberación de un producto químico para controlar la química de un proceso de separación por flotación. Por ejemplo, en el caso de cuerpos en fase sólida que incluyen una cubierta que proporciona la superficie, la cubierta está hecha de polidimetilsiloxano (PDMS) que comprende las moléculas, las sustancias químicas usadas en la separación por flotación de minerales mineros se pueden encapsular en esferas sintéticas o burbujas para proporcionar una liberación lenta o dirigida de las sustancias químicas una vez liberadas en el tanque de agua. Las sustancias químicas estarían contenidos dentro de un polímero seguro durante su transporte y suministro de las sustancias químicas al tanque de flotación. Los beneficios de este enfoque incluyen lo siguiente: un uso más eficiente del tratamiento químico reduce el costo químico; los costos asociados de transporte de sustancias químicas pueden reducirse; y las sustancias químicas reactivas se encapsula, lo que permite una entrega más segura del producto químico por parte del usuario.

De acuerdo con algunas realizaciones (que no están dentro del alcance de las reivindicaciones), las sustancias químicas requeridas se encapsularían en un bloque de polímero que podría hacerse para adaptarse a la tasa de liberación y potencialmente a la ubicación en el tanque de flotación donde se requiere la liberación, incluido el uso de esferas o burbujas sintéticas configuradas para explotar a una determinada presión, o usar esferas sintéticas o

burbujas configuradas para explotar cuando se hace contacto con el mineral de interés, o usar esferas o burbujas sintéticas configuradas para liberar una sustancia química al entrar en contacto con el aire, por ejemplo, en la espuma.

- 5 De acuerdo con algunas realizaciones, la presente invención proporciona el potencial para encapsular, dentro de cuerpos en fase sólida que incluyen una cubierta hecha de PDMS, una amplia variedad de sustancias químicas y mezclas de sustancias químicas que incluyen espumantes típicos, colectores y otros aditivos comúnmente utilizados en un proceso de separación por flotación.
- 10 Las esferas o burbujas sintéticas que tienen cuerpos en fase sólida que incluyen una cubierta hecha de PDMS de la presente invención proporcionan una manera fácil de administrar sustancias químicas a un proceso que se realiza en equipos estándar que ya se utilizan en la industria sin tener que perforar nuevos orificios o tener adaptar al equipo estándar, nuevas bombas o válvulas, etc.
- 15 Las esferas o burbujas sintéticas que tienen cuerpos en fase sólida que incluyen una cubierta hecha de PDMS de la presente invención pueden usarse para implementar y optimizar las inyecciones de espumantes aguas abajo en un banco de columnas o celdas de flotación, por ejemplo, utilizando sustancias químicas de liberación prolongada.

Ejemplo de realizaciones

20 Aparato en forma de celda o columna

La presente invención puede tomar la forma de un aparato como se reivindica en la reivindicación 1.

- 25 De acuerdo con algunas realizaciones, este aparato puede presentar una celda o columna configurada para recibir una mezcla de fluido (por ejemplo, agua) y material valioso y material no deseado; recibir burbujas o esferas sintéticas que están hechas para flotar cuando se sumergen en la mezcla y se funcionalizan para controlar la química de un proceso que se realiza en la celda o columna; y proporcionar burbujas o esferas sintéticas enriquecidas que tienen el material valioso unido a ellas.

Las burbujas o esferas según la invención se construyen como se define en las reivindicaciones adjuntas. Otras estructuras, algunas de las cuales no caen dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas, también se describen a continuación.

- 35 De acuerdo con algunas realizaciones, las burbujas o esferas sintéticas pueden estar hechas de un polímero o material a base de polímero, o sílice o material a base de sílice, o vidrio o material a base de vidrio.

- 40 De acuerdo con algunas realizaciones de la presente invención, la celda o columna puede tomar la forma de una celda o columna de flotación, y las burbujas o esferas sintéticas pueden funcionalizarse para unirse al material valioso en la mezcla que forma parte de un proceso de separación por flotación que se está realizando en la celda o columna de flotación.

- 45 De acuerdo con algunas realizaciones, las burbujas o esferas sintéticas pueden funcionalizarse para liberar una sustancia química para controlar la química del proceso de separación por flotación.

- 50 De acuerdo con algunas realizaciones de la presente divulgación, las burbujas o esferas sintéticas pueden configurarse con cubiertas exteriores firmes funcionalizadas con un producto químico para unirse al material valioso en la mezcla. Alternativamente, las burbujas o esferas sintéticas pueden incluir una sustancia química que puede liberarse para adherirse al material valioso en la mezcla.

- 55 De acuerdo con algunas realizaciones de la presente descripción, las burbujas o esferas sintéticas pueden construirse con cubiertas exteriores firmes configuradas para contener un gas, que incluye aire, para aumentar su flotabilidad cuando se sumergen en la mezcla. Alternativamente, las burbujas o esferas sintéticas pueden estar hechas de un material de baja densidad para que floten cuando se sumergen en la mezcla, incluidas las burbujas sintéticas que se configuran como un sólido sin una cavidad interna.

- 60 De acuerdo con algunas realizaciones de la presente descripción, las esferas sintéticas pueden incluir una multiplicidad de objetos, cuerpos, elementos o estructuras huecas, cada una configurada con una cavidad, un espacio vacío o un orificio respectivos para atrapar y mantener una burbuja en su interior. Los objetos, cuerpos, elementos o estructuras huecas pueden incluir cilindros huecos, esferas, glóbulos, tubos capilares o alguna combinación de los mismos. Cada objeto, cuerpo, elemento o estructura hueca puede configurarse con una dimensión para no absorber líquido, incluida el agua, incluso cuando la dimensión está en un rango de aproximadamente 20 a 30 micras. La multiplicidad de objetos, cuerpos, elementos o estructuras huecos puede configurarse con productos químicos aplicados para evitar la migración de líquido a las cavidades respectivas,
- 65 incluso cuando las sustancias químicas son sustancias químicas hidrofóbicas. Las burbujas o esferas sintéticas

hechas de sílice o material a base de sílice, o vidrio o material a base de vidrio, pueden adoptar la forma de cilindros de vidrio huecos fabricados utilizando un proceso de estirado y corte en dados.

5 No se pretende que el alcance de la invención se limite al tamaño o la forma de las esferas o burbujas sintéticas, para mejorar su ascenso o descenso en la mezcla.

De acuerdo con algunas realizaciones de la presente invención, la mezcla puede adoptar la forma de una pulpa en suspensión que contiene, por ejemplo, agua y el material valioso que interesa.

10 Procedimiento para implementar en un dispositivo de separación por flotación

La presente invención también puede tomar la forma de un procedimiento, por ejemplo, para implementar en un dispositivo de separación por flotación que tiene una celda o columna de flotación. El procedimiento incluye las etapas enumeradas en la reivindicación independiente 8, y puede incluir las etapas para recibir en la columna o celda de flotación una mezcla de fluido y material valioso; recibir en la columna o celda de flotación burbujas o esferas sintéticas construidas para flotar cuando se sumergen en la mezcla y funcionalizadas para adherirse al material con valor en la mezcla y; proporcionar desde la columna o celda de flotación burbujas o esferas sintéticas enriquecidas que tienen el material valioso unido a ellas.

20 El procedimiento puede incluir la implementación consistente con una o más de las características establecidas en este documento, en la medida en que esté dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

Aparato en forma de dispositivo de separación por flotación

25 La presente invención puede adoptar la forma de un aparato según se reivindica en la reivindicación 1.

Según algunas realizaciones, este aparato puede adoptar la forma de un dispositivo separación por flotación, que incluye una celda o columna de flotación configurada para recibir una mezcla de agua, material valioso y material no deseado; recibir burbujas o esferas de polímero, configuradas para adherirse al material valioso en la mezcla; y proporcionar burbujas o esferas de polímeros enriquecidos o basados en polímeros, que tienen el material con valioso unido a ellas.

De acuerdo con algunas realizaciones, las burbujas o esferas de polímero o basadas en polímero pueden configurarse con un flujo de área superficial controlando alguna combinación del tamaño de las burbujas o esferas de polímero o basadas en polímero y/o la tasa de inyección a la que se recibe la mezcla en la celda o columna de flotación; o las burbujas o esferas de polímero o a base de polímero pueden configurarse con una densidad baja para comportarse como burbujas de aire; o el polímero o las burbujas o esferas a base de polímero pueden configurarse con una distribución de tamaño controlada del medio que puede personalizarse para maximizar la recuperación de diferentes matrices de alimentación a la flotación a medida que cambia la calidad del material valioso, incluso como cambios en la calidad del mineral; o alguna combinación de los mismos, en la medida en que esté dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

Burbujas o esferas sintéticas

45 Las burbujas o esferas sintéticas del aparato según la invención que tienen las características definidas en las reivindicaciones adjuntas, y sólo las estructuras y materiales enumerados en las reivindicaciones caen dentro del alcance de la protección. Otras realizaciones ejemplares descritas en este documento no forman parte de la presente invención.

50 Las burbujas o esferas sintéticas pueden estar configuradas con un polímero o material basado en polímero funcionalizado para unirse a un material valioso en una mezcla para formar burbujas o esferas sintéticas enriquecidas que tienen el material valioso atraído hacia ellas, y también configuradas para separarse de la mezcla de material valioso basada al menos parcialmente en la diferencia en una propiedad física entre las burbujas o esferas sintéticas enriquecidas que tienen el material valioso atraído hacia ellas y la mezcla.

55 Las burbujas o esferas sintéticas pueden configurarse de modo que la separación se base al menos parcialmente en la diferencia entre la densidad de las burbujas o esferas sintéticas enriquecidas que tienen el material valioso atraído hacia ellas y la densidad de la mezcla.

60 Las burbujas o esferas sintéticas también pueden configurarse de modo que la separación se base en otras diferencias en la propiedad física entre las burbujas o esferas sintéticas enriquecidas que tienen el material valioso atraído hacia ellas y la mezcla, incluso entre el tamaño de las burbujas o esferas sintéticas enriquecidas que tienen el material valioso atraído hacia ellas y el tamaño del material no deseado en la mezcla; o entre el peso de las burbujas o esferas sintéticas enriquecidas que tienen el material valioso atraído hacia ellas y el peso del material no deseado en la mezcla; o entre el magnetismo de las burbujas o esferas sintéticas enriquecidas que tienen el material valioso atraído hacia ellas y el magnetismo del material no deseado en la mezcla.

La química de las burbujas o esferas sintéticas

5 Como se indicó anteriormente, las burbujas o esferas sintéticas según esta invención se construyen como se define en las reivindicaciones adjuntas. Otros materiales y combinaciones de materiales se describen en el presente, a modo de ejemplo, mientras que solo las estructuras, los materiales y las combinaciones de materiales definidos en las reivindicaciones caen dentro del alcance de la protección.

10 La esfera o burbuja sintética adopta la forma de un cuerpo en fase sólida que comprende una superficie en combinación con una pluralidad de moléculas unidas a la superficie, comprendiendo las moléculas un grupo funcional seleccionado para atraer una o más partículas minerales de interés a las moléculas.

15 De acuerdo con 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 que consiste en poliamidas (nylon), poliésteres, poliuretanos, fenol-formaldehído, urea-formaldehído, melamina-formaldehído, poliacetal, polietileno, poliisobutileno, poliacrilonitrilo, policloruro de vinilo, poliestireno, poli(metacrilatos de metilo), poli(acetato de vinilo), poli(cloruro de vinilideno), poliisopreno, polibutadieno, poliacrilatos, poli(carbonato), resina fenólica y polidimetilsiloxano (PDMS), en donde únicamente el PDMS está dentro del alcance de las reivindicaciones.

20 De acuerdo con la presente invención, el cuerpo en fase sólida puede incluir una cubierta que proporciona la superficie, estando hecha la cubierta de un material sintético que comprende las moléculas, siendo el material sintético PDMS.

25 De acuerdo con la presente invención, la cubierta puede comprender una parte interior dispuesta para encapsular un elemento gaseoso de manera que la esfera sintética tenga una densidad menor que la mezcla acuosa.

De acuerdo con la presente invención, la cubierta puede comprender una parte interior dispuesta para encapsular un líquido que tiene una propiedad química diferente de la mezcla acuosa, con el fin de controlar la química de un proceso que se está realizando en relación con la mezcla acuosa.

30 De acuerdo con la presente invención, la cubierta puede comprender una parte interior dispuesta para encapsular un material en fase sólida diferente del material sintético, y el material en fase sólida puede seleccionarse para controlar la densidad de la esfera sintética en relación con la densidad de la mezcla acuosa.

35 De acuerdo con algunas realizaciones de esta descripción (que no están dentro del alcance de las reivindicaciones), la cubierta puede comprender una parte interior configurada para encapsular un material magnético.

40 El cuerpo en fase sólida puede comprender un núcleo y un recubrimiento sobre el núcleo para proporcionar la superficie, y el recubrimiento puede estar hecho de un material sintético y el núcleo está hecho de un material del núcleo diferente del material sintético. A modo de ejemplo, el material del núcleo se puede seleccionar de un grupo que consta de vidrio, cerámica, metal y un polímero que es diferente del material sintético. Se entiende que el término "polímero" en esta descripción significa una molécula grande hecha de muchas unidades de la misma estructura o similares, unidas entre sí. Entre las realizaciones en las que el cuerpo en fase sólida tiene un recubrimiento, solo las realizaciones en las que el cuerpo en fase sólida tiene una superficie de vidrio recubierta con PDMS terminado en hidroxilo están dentro del alcance de las reivindicaciones.

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

50 Según algunas realizaciones de la presente invención, el grupo funcional puede adoptar la forma de un colector que tiene un enlace no ionizante o un enlace ionizante.

55 Según algunas realizaciones de la presente invención, el enlace ionizante puede ser un enlace aniónico o un enlace catiónico. El enlace aniónico comprende un enlace oxihidrido, incluidos carboxílicos, sulfatos y sulfonatos, y sulfhidral.

60 De acuerdo con algunas realizaciones de la presente invención, las esferas sintéticas pueden configurarse con un tamaño que depende de la aplicación particular, o del tamaño particular de la partícula mineral de interés. De acuerdo con algunas realizaciones de la presente invención, las esferas sintéticas pueden configurarse con un tamaño inferior a 100 μm para atraer las partículas minerales, por ejemplo, que tienen un tamaño sustancialmente similar, incluso en aplicaciones relacionadas con celdas de flotación.

65 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 atraer las partículas minerales, incluso en aplicaciones relacionadas con un estanque de relaves.

Además, de acuerdo con algunas realizaciones de la presente invención, las esferas sintéticas también pueden configurarse con un tamaño de aproximadamente 100 µm para atraer las partículas minerales, por ejemplo, que tienen un tamaño sustancialmente similar; o las esferas sintéticas pueden configurarse con un tamaño en un rango de aproximadamente 100 a 200 µm para atraer las partículas minerales, por ejemplo, que tengan un tamaño sustancialmente similar; o las esferas sintéticas pueden configurarse con un tamaño de aproximadamente 200 µm para atraer las partículas minerales, por ejemplo, que tengan un tamaño sustancialmente similar.

Hidrofobicidad

La superficie de las esferas o burbujas sintéticas puede funcionalizarse para que sea hidrófoba a fin de proporcionar una unión entre la superficie y una partícula mineral asociada con una o más moléculas hidrófobas.

Además, el polímero puede ser naturalmente hidrofóbico o funcionalizado para que sea hidrofóbico. Por lo tanto, los términos "burbujas o esferas de polímero" y "burbujas o esferas sintéticas" pueden usarse aquí de manera intercambiable. Algunos polímeros que tienen una cadena hidrocarbonada larga o un esqueleto de silicio-oxígeno, por ejemplo, tienden a ser hidrofóbicos. Los polímeros hidrofóbicos incluyen poliestireno, poli(d,l-lactida), poli(dimetilsiloxano), polipropileno, poliacrílico, polietileno, etc. Según la presente invención, el material sintético es poli(dimetil(siloxano)), mientras que los otros materiales son fuera del alcance de las reivindicaciones. La partícula mineral de interés o el material valioso asociado con una o más moléculas hidrófobas se denomina partícula mineral humedecida. Cuando la suspensión de pulpa contiene una pluralidad de colectores o moléculas colectoras, algunas de las partículas minerales se convertirán en partículas minerales humedecidas si los colectores están unidos a partículas minerales. Los xantatos se pueden usar en la suspensión de pulpa como colectores. De acuerdo con la invención, las burbujas o esferas pueden estar hechas de vidrio para ser recubiertas con un polímero de silicona hidrofóbico que incluye polisiloxanatos (PDMS terminado en hidroxilo) para que las burbujas o esferas se vuelvan hidrofóbicas. De acuerdo con realizaciones adicionales fuera del alcance de las reivindicaciones, las burbujas o esferas pueden estar hechas de metal para ser recubiertas con copolímero alquídico de silicona, por ejemplo, para hacer que las burbujas o esferas sean hidrofóbicas. Las burbujas o esferas pueden estar hechas de cerámica (fuera del alcance de las reivindicaciones) para ser recubiertas con fluoroalquilsilano, por ejemplo, para hacer que las burbujas sean hidrófobas. Las burbujas o esferas pueden estar hechas de polímeros hidrofóbicos, tales como poliestireno y polipropileno para proporcionar la hidrofobicidad deseada, siendo solo PDMS como el polímero hidrofóbico de acuerdo con la invención.

Colector combinado de burbujas / esferas hidrofóbicas

De acuerdo con algunas realizaciones de la presente invención, una parte de la superficie de las burbujas o esferas sintéticas puede estar configurada para tener las moléculas unidas a ella, donde las moléculas comprenden colectores.

De acuerdo con algunas realizaciones de la presente invención, una parte de la superficie de las burbujas o esferas sintéticas puede configurarse para tener las moléculas unidas a ellas, donde las moléculas comprenden colectores, y otra parte de la superficie de las burbujas o esferas sintéticas puede ser configurado para ser hidrofóbico.

De acuerdo con algunas realizaciones de la presente invención, una parte de la superficie de las burbujas o esferas sintéticas puede configurarse para ser hidrófoba.

En el caso de que el cuerpo en fase sólida esté hecho de PDMS o incluya una cubierta hecha de PDMS, el cuerpo o cubierta en fase sólida completo, respectivamente, tiene propiedades hidrofóbicas.

Breve descripción de los dibujos

Con referencia ahora a los dibujos, que no están necesariamente dibujados a escala, lo anterior y otras características y ventajas de la presente invención se entenderán mejor a partir de la siguiente descripción detallada de realizaciones ilustrativas, tomadas junto con los dibujos adjuntos en los que elementos similares se numeran de igual forma:

La figura 1 es un diagrama de un sistema, proceso o aparato de flotación según algunas realizaciones de la presente invención.

La figura 2a es un diagrama de una esfera de peso ligero que tiene una cubierta o esponja de polímero con una superficie ligera activada químicamente de acuerdo con algunas realizaciones de la presente invención.

La figura 2b es un diagrama de un material polimérico que tiene moléculas colectoras adaptadas (no según la presente invención).

La figura 2c es un diagrama de una esfera ligera [bajo peso] en forma de cilindro hueco (no según la

presente invención).

La figura 2d es un diagrama de una esfera ligera en forma de esfera hueca de acuerdo con algunas realizaciones de la presente invención.

La figura 3 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 1 (no según la presente invención).

La figura 4a muestra una esfera sintética generalizada que puede ser una esfera o burbuja basada en el tamaño, una esfera y una burbuja de polímero basadas en el peso y una esfera y una burbuja basadas en el magnetismo, según algunas realizaciones de la presente invención.

La figura 4b 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 5a muestra una burbuja o esfera sintética generalizada que tiene algunas partículas adheridas a la superficie, según algunas realizaciones de la presente invención.

La figura 5b ilustra una parte ampliada de la esfera sintética que muestra una partícula mineral humedecida unida a la superficie hidrófoba de la esfera sintética, según algunas realizaciones de la presente invención.

La figura 5c ilustra una parte ampliada de la esfera sintética que muestra una partícula hidrofóbica unida a la superficie hidrofóbica de la esfera sintética.

Las figuras 6a y 6b 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 hidrofóbica.

Descripción detallada de la invención

Figura 1

A modo de ejemplo, la figura 1 muestra la presente invención en forma del aparato 10, que tiene una celda de flotación o columna 12 configurada para recibir una mezcla de fluido (por ejemplo, agua), material con valor y material no deseado, por ejemplo, una suspensión de pulpa 14; recibir burbujas o esferas sintéticas 100 (figura 2a), 110 (figura 2b), 115 (figura 2c), 117 (figura 2d) que están construidas para ser flotantes cuando se sumergen en la suspensión de pulpa o mezcla 14 y se funcionalizan para controlar la química de un proceso que se está realizando en la columna o celda de flotación, incluso para adherirse al material valioso en la suspensión de pulpa o mezcla 14; y proporcionar burbujas o esferas sintéticas enriquecidas 18 que tienen el material valioso unido a ellas. A modo de ejemplo, las burbujas o esferas sintéticas 100 (figura 2a), 110 (figura 2b), 115 (figura 2c), 117 (figura 2d) pueden estar hechas de polímero o materiales basados en polímeros, o sílice, o materiales a base de sílice, o vidrio o materiales a base de vidrio, aunque el alcance de la invención se limita a las estructuras, materiales y combinaciones de materiales definidos en las reivindicaciones. Las realizaciones descritas en la figura 2b y la figura 2c están fuera del alcance de las reivindicaciones. Con el propósito de describir un ejemplo de la presente invención, en la figura 1, las burbujas o esferas sintéticas 100 (figura 2a), 110 (figura 2b), 115 (figura 2c), 117 (figura 2d) se muestran como las burbujas de polímero o a base de polímero etiquetadas con 100, 110, 115, 117, y las burbujas o esferas sintéticas enriquecidas 18 se muestran como burbujas de polímero enriquecido o a base de polímero etiquetadas con 18. La celda de flotación o columna 12 está configurada con una parte superior o tubería 20 para proporcionar el polímero enriquecido o las burbujas basadas en polímero 18 de la columna o celda de flotación 12 para su posterior procesamiento de acuerdo con lo establecido en este documento.

La celda de flotación o columna 12 puede estar configurada con una parte superior o tubería 822, por ejemplo, con una válvula 22a, para recibir la suspensión de pulpa o mezcla 14 y también con una parte inferior o tubería 24 para recibir el polímero o las burbujas a base de polímero 100, 110, 115, 117. En funcionamiento, la flotabilidad del polímero o esferas a base de polímero 100, 110, 115, 117 hace que floten hacia arriba desde el fondo hasta la parte superior de la celda de flotación o columna 12 a través de la suspensión de pulpa o mezcla 14 en la celda de flotación o columna 12 de modo que chocar con el agua, material con valor humedecido y material no deseado en la suspensión de pulpa o mezcla 14. La funcionalización del polímero o burbujas a base de polímero 100, 110, 115, 117 las hace que se adhieran al material valioso en la suspensión de pulpa o mezcla 14. Como resultado de la colisión entre el polímero o las burbujas a base de polímero 100, 110, 115, 117 y el agua, el material valioso y el material no deseado en la suspensión de pulpa o mezcla 14, y la unión del polímero o de las burbujas a base de polímero 100, 110, 115, 117 y el material valioso en la suspensión de pulpa o mezcla 14, el polímero enriquecido o las burbujas a base de polímero 18 que tienen el material valioso adherido flotarán hasta la parte superior de la celda de flotación 12 y formarán parte de la espuma formada en la parte superior de la celda de flotación 12. La

celda de flotación 12 puede incluir una parte superior o tubería 20 configurada para proporcionar el polímero enriquecido o las burbujas a base de polímero 18 que tienen el material con valor unido a él, que puede procesarse adicionalmente de acuerdo con lo establecido en este documento. En efecto, el polímero enriquecido o las burbujas basadas en polímero 18 se pueden sacar de la parte superior de la celda de flotación 12 o se pueden drenar por la parte superior o la tubería 20.

La celda o columna de flotación 12 puede configurarse para contener un entorno propicio para la unión [adhesión], incluso cuando el entorno propicio para la adhesión tiene un pH alto, para fomentar el proceso de recuperación de 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 clase particular de proceso de recuperación por flotación. Tampoco se pretende que el alcance de la invención se limite a ningún tipo o clase particular de mineral de interés que pueda formar parte del proceso de recuperación por flotación.

De acuerdo con algunas realizaciones de la presente invención, las burbujas de polímero o basadas en polímero 100, 110, 115, 117 pueden configurarse con un flujo de área superficial controlando alguna combinación del tamaño de las burbujas de polímero o basadas en polímero 100, 110, 115, 117 y/o la tasa de inyección que recibe la suspensión de pulpa o mezcla 14 en la celda de flotación o columna 12. El polímero o las burbujas a base de polímero 100, 110, 115, 117 también pueden configurarse con una baja densidad para comportarse como burbujas de aire. Las burbujas de polímero o basadas en polímeros 100, 110, 115, 117 también se pueden configurar con una distribución de tamaño controlada del medio que se puede personalizar para maximizar la recuperación de diferentes matrices de alimentación a la flotación a medida que cambia la calidad del material valioso, incluso como cambios en la calidad del mineral.

De acuerdo con algunas realizaciones de la presente invención, la celda de flotación o columna 12 puede configurarse para recibir el polímero o las burbujas a base de polímero 100, 110, 115, 117 junto con aire, donde el aire se usa para crear una capa de espuma deseada en la mezcla en la celda de flotación o columna 12 para lograr el grado deseado de material valioso. Las burbujas de polímero o basadas en polímero 100, 110, 115, 117 pueden configurarse para elevar el material valioso a la superficie de la mezcla en la columna o celda de flotación.

El espesante 28

El aparato 10 también puede incluir tubería 26 que tiene una válvula 26a para proporcionar relaves a un espesante 28 configurado para recibir los relaves de la celda de flotación o columna 12. El espesante 28 incluye tubería 30 que tiene una válvula 30a para proporcionar relaves espesados. El espesante 28 también incluye tuberías adecuadas 32 para proporcionar agua recuperada de regreso a la celda de flotación o columna 12 para su reutilización en el proceso.

Los espesantes como el elemento 28 son conocidos en la técnica, y no se pretende que el alcance de la invención se limite a ningún tipo o clase en particular.

El proceso de recuperación de esferas o procesador 50

De acuerdo con algunas realizaciones de la presente invención, el aparato 10 puede comprender además un proceso o procesador de recuperación de esferas generalmente indicado como 50 configurado para recibir el polímero enriquecido o esferas basadas en polímeros 18 y proporcionar polímero recuperado o esferas a base de polímero 52 sin el material con valor adherido a este para permitir la reutilización del polímero o esferas a base de polímero 52 en un proceso de circuito cerrado. A modo de ejemplo, el proceso o procesador de recuperación de esferas 50 puede adoptar la forma de una estación de lavado en la que el material con valor se elimina mecánica, química o electromagnéticamente del polímero o de las esferas basadas en polímeros 18.

El proceso o procesador de recuperación de esferas 50 puede incluir una segunda columna o celda de flotación 54 que tenga una tubería 56 con una válvula 56a configurada para recibir las burbujas o esferas de polímero enriquecido 18; y liberar sustancialmente el material con valor de las esferas de polímero 18, y también tener una parte superior o tubería 57 configurada para proporcionar las burbujas o esferas de polímero recuperadas 52, sustancialmente sin el material con valor adherido a ellas. La segunda columna o celda de flotación 54 puede configurarse para contener un entorno propicio para la liberación, incluso donde el entorno propicio para la liberación tiene un pH bajo, o incluso donde el entorno propicio para la liberación resulta de ondas ultrasónicas pulsadas en la segunda celda de flotación o columna 54.

El proceso de recuperación de esferas o procesador 50 también puede incluir tubería 58 que tiene una válvula 56a para proporcionar minerales concentrados a un espesante 60 configurado para recibir los minerales concentrados de la celda de flotación o columna 54. El espesante 60 incluye tubería 62 que tiene una válvula 62a para proporcionar concentrado espesado. El espesante 60 también incluye tuberías adecuadas 64 para proporcionar agua recuperada de regreso a la segunda celda de flotación o columna 54 para su reutilización en el proceso. Los espesantes como el elemento 60 son conocidos en la técnica, y no se pretende que el alcance de la invención se limite a ningún tipo o

clase en particular.

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

Figuras 2a-2d: Las burbujas o esferas sintéticas

Las burbujas o esferas sintéticas ilustradas en las figuras 2b y 2c no están dentro del alcance de las reivindicaciones. Con respecto a las figuras 2a y 2d, las esferas o burbujas sintéticas se limitan a los materiales y combinaciones de materiales definidos en las reivindicaciones.

La figura 2a muestra las burbujas o esferas sintéticas 100 (figura 2a), 110 (figura 2b), 115 (figura 2c), 117 (figura 2d) en forma de un polímero ligero o una burbuja o esfera a base de polímero generalmente indicado como 100 que tiene una cubierta de polímero o esponja 102 con una superficie ligera activada químicamente 102a. La cubierta de polímero o esponja 102 atrae partículas 104 (es decir, material valioso) usando enlazadores químicos colectivos selectivos (por ejemplo, para cobre).

El polímero ligero o la esfera o burbuja 100 a base de polímero están diseñados para incorporar burbujas de aire y atraer el mineral rico en minerales (a recuperar) sobre su superficie 102a y luego flotar hasta la parte superior del tanque de flotación, p. 12 (figura 1). Los beneficios de este enfoque incluyen el hecho de que los bloques de polímero, como el polímero ligero o la esfera o burbuja 100 a base de polímero, permiten elevar a la superficie una variedad mucho mayor de granos de mineral y, por lo tanto, mejorar la eficiencia de recuperación. Se pueden producir bloques de polímero de tamaño óptimo, como el polímero ligero o la esfera o burbuja 100 a base de polímero, con un alto porcentaje de aire con las sustancias químicas colectores apropiados también encapsulados en el polímero. Una vez que los bloques de polímero están dentro, por ejemplo, una mezcla como una pulpa en suspensión, las sustancias químicas del colector pueden liberarse para atraer inicialmente partículas de mineral ricas en minerales y luego subir a la superficie.

La figura 2b (no según la invención) muestra la burbuja o esfera sintética que forma parte de una combinación generalmente indicada como 110 que incluye un polímero o material a base de polímero 112 que envuelve una partícula rica en mineral 114, también conocido como material valioso a recuperar. El polímero o el material basado en polímeros 112 pueden tener, o adoptar la forma de, moléculas colectoras adaptadas. El polímero o el material basado en polímeros 112 proporciona un concepto de súper humectabilidad, utilizando las moléculas colectoras adaptadas para mejorar la humectabilidad de las partículas ricas en mineral 114, por ejemplo, para mejorar la absorción de partículas ricas en mineral 114 de diferentes tamaños en la espuma, lo cual es probable que funcione bien para partículas más pequeñas. El polímero o material basado en polímeros 112 con grupos funcionales puede usarse que se une bien a las partículas ricas en minerales 114 con una funcionalidad polar baja. Además, el polímero o material a base de polímero 112 puede adoptar la forma de un oligómero lineal/polímero de bajo peso molecular que puede usarse para envolver partículas ricas en mineral 114 haciéndolas más hidrofóbicas y, por lo tanto, más propensas a flotar cuando se forman en la espuma, tal y como se muestra en la figura 2b.

Las figuras 2c (no según la invención) y 2d muestran las burbujas o esferas sintéticas como objetos, cuerpos, elementos o estructuras huecos, cada uno indicado generalmente como 115 (figura 2c) o 117 (figura 2d). Las burbujas o esferas sintéticas pueden incluir una multiplicidad de objetos, cuerpos, elementos o estructuras huecas 115 (figura 2c) o 117 (figura 2d) configuradas con una cavidad respectiva, un espacio vacío o un orificio indicado como 115a (figura 2c) o 117a (figura 2d) para atrapar y mantener una o más burbujas 116 en el interior. Véase la patente PCT/US2011/32697, presentada el día 15 de abril de 2011.

La multiplicidad de objetos, cuerpos, elementos o estructuras huecos descritos en el presente documento, puede incluir cilindros huecos como el elemento 115 (figura 2c) o esferas como el 117 (figura 2d), así como tubos capilares, o alguna combinación de los mismos. No se pretende que el alcance de la invención se limite al tipo, especie o forma geométrica del objeto, cuerpo, elemento o estructura hueco o a la uniformidad de la mezcla de los mismos siempre que se presenten en forma de burbujas o esferas. Cada objeto, cuerpo, elemento o estructura hueco 115 (figura 2c) o 117 (figura 2d) puede configurarse con una dimensión para no absorber líquido, incluida el agua, incluso cuando la dimensión está en un rango de aproximadamente 20-30 micras. Cada objeto hueco, cuerpo, elemento o estructura 115 (figura 2c) o 117 (figura 2d) puede estar hecho de un material adecuado dentro del alcance de la protección.

A modo de ejemplo, la multiplicidad de objetos huecos, cuerpos, elementos o estructuras como 115 (figura 2c) o 117 (figura 2d) que se reciben en la mezcla puede incluir un número en un rango de varios miles de burbujas o esferas por 0,02832 m³ (1 pie cúbico) de mezcla, aunque no se pretende que el alcance de la invención se limite per se al número específico de burbujas. Por ejemplo, una mezcla de unos 85 m³ (alrededor de tres mil pies cúbicos) puede incluir varios millones de burbujas o esferas, por ejemplo, con un tamaño de aproximadamente 1 milímetro, en 85 m³ (tres mil pies cúbicos) de la mezcla.

La multiplicidad de objetos, cuerpos, elementos o estructuras huecos como el 115 (figura 2c) o como el 117 (figura 2d) pueden configurarse con sustancias químicas aplicadas para evitar la migración de líquido a las respectivas cavidades, espacios vacíos u orificios antes de que se seque la mezcla de cemento húmedo, incluso cuando las sustancias químicas son sustancias químicas hidrofóbicas.

La una o más burbujas 116 pueden adoptar la forma de una pequeña cantidad de gas, incluido el aire, que queda atrapado o se mantiene en las cavidades, espacios vacíos u orificios 115a ó 117a de la multiplicidad de objetos, cuerpos, elementos o estructuras huecos.

Control de dosis

De acuerdo con la presente invención, las esferas o burbujas sintéticas 100 117 se funcionalizan para controlar la química del proceso que se realiza en la celda o columna, por ejemplo para liberar una sustancia química para controlar la química del proceso de separación por flotación.

En particular, la celda o columna de flotación 12 en la figura 1 puede configurarse para recibir bloques basados en polímeros como elementos 100, 117 de materiales como se define en las reivindicaciones, y que contienen una o más sustancias químicas utilizadas en una separación por flotación del material valioso, incluidos los minerales de la minería, que se encapsulan en polímeros para proporcionar una liberación lenta o dirigida de las sustancias químicas una vez liberadas en la celda de flotación o columna 12. A modo de ejemplo, una o más sustancias químicas pueden incluir mezclas químicas que incluyen espumantes típicos, colectores y otros aditivos utilizados en la separación por flotación.

No se pretende que el alcance de la invención se limite al tipo o clase de sustancias químicas o mezclas químicas que pueden liberarse en la celda de flotación o columna 12 utilizando las burbujas sintéticas según la presente invención.

El alcance de la invención pretende incluir otros tipos o clases de funcionalización de las esferas o burbujas sintéticas para proporcionar otros tipos o clases de control de las sustancias químicas del proceso que se está realizando en la celda o columna. Por ejemplo, las esferas o burbujas sintéticas pueden funcionalizarse para controlar el pH de la mezcla que forma parte del proceso de separación por flotación que se realiza en la celda o columna de flotación.

Figura 3: La técnica de colisión (no según la invención)

La figura 3 muestra un aparato alternativo generalmente indicado como 200 en forma de una celda de flotación alternativa 201 que se basa al menos parcialmente en una técnica de colisión entre la mezcla y las burbujas o esferas sintéticas. La mezcla 202, por ejemplo, la suspensión de pulpa, puede recibirse en una parte superior o tubería 204, y las burbujas o esferas sintéticas 206 pueden recibirse en una parte inferior o tubería 208. La celda de flotación 201 puede configurarse para incluir un primer dispositivo 210 para recibir la mezcla 202, y también puede configurarse para incluir un segundo dispositivo 212 para recibir los materiales basados en polímeros. El primer dispositivo 210 y el segundo dispositivo 212 están configurados uno frente al otro para proporcionar la mezcla 202 y las burbujas o esferas sintéticas 206, por ejemplo, polímeros o materiales basados en polímeros, utilizando la técnica de colisión. En la figura 3, las flechas 210a representan la mezcla que se rocía, y las flechas 212a representan las burbujas o esferas sintéticas 206 que se rocían unas hacia otras en la celda de flotación 201.

En funcionamiento, la técnica de colisión provoca vórtices y colisiones utilizando suficiente energía para aumentar la probabilidad de que el polímero o los materiales basados en polímeros 206 entren en contacto con el material valioso de la mezcla 202, pero no demasiada energía para destruir los enlaces que se forman entre el polímero o materiales basados en polímeros 206 y el material valioso en la mezcla 202. Se pueden usar bombas, que no se muestran en la presente, para proporcionar a la mezcla 202 y las burbujas o esferas sintéticas 206 la presión adecuada para implementar la técnica de colisión.

A modo de ejemplo, el primer dispositivo 210 y el segundo dispositivo 212 pueden tomar la forma de dispositivos similares a cabezales de ducha que tienen una boquilla perforada con una multiplicidad de orificios para rociar la mezcla y las burbujas o esferas sintéticas entre sí. Los dispositivos similares a los cabezales de ducha son conocidos en la técnica. Además, en base a lo divulgado en la presente solicitud de patente, un experto en la materia sin excesiva experimentación podría determinar el número y el tamaño de los orificios para rociar la mezcla 202 y las burbujas o esferas sintéticas 206 entre sí, como así como la presión de bombeo adecuada para proporcionar suficiente energía para aumentar la probabilidad de contacto del polímero o los materiales basados en polímeros 206 y el material valioso en la mezcla 202, pero no demasiada energía para destruir los enlaces que se forman entre el polímero o los materiales de base de polímero 206 y el material valioso en la mezcla 202.

Como resultado de la colisión entre las burbujas o esferas sintéticas 206 y la mezcla, las burbujas o esferas sintéticas enriquecidas que tienen el material valioso adherido flotarán hacia la parte superior y formarán parte de la espuma en la celda de flotación 201. La celda de flotación 201 puede incluir una parte superior o tubería 214

configurada para proporcionar burbujas o esferas sintéticas enriquecidas 216, por ejemplo, burbujas de polímero enriquecidas tal y como se muestra, que tienen el material valioso unido a ellas, que pueden procesarse adicionalmente de acuerdo con lo establecido en este documento.

- 5 El aparato alternativo 200 puede usarse en lugar de las columnas o celdas de flotación e insertarse en el aparato o sistema que se muestra en la figura 1, pudiendo resultar más eficiente que usar las columnas o celdas de flotación.

Figuras 4a, 4b: La química de esferas sintéticas

- 10 Para ayudar a un experto en la materia a comprender diversas realizaciones de la presente invención, la figura 4a muestra una esfera sintética generalizada y la figura 4b muestra una parte ampliada de la superficie. Aunque a continuación se describen de manera general las esferas sintéticas, las burbujas y esferas según la presente invención se forman a partir de los materiales definidos en las reivindicaciones. Como se muestra en las figuras 4a y 4b, la esfera sintética 70 tiene un cuerpo de esfera para proporcionar una superficie de esfera 74. Al menos la parte exterior del cuerpo de esfera puede estar hecha de un material sintético, como 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 hidrocarbonada, por ejemplo, y el grupo funcional 78 puede tener un enlace aniónico para atraer un mineral, como el cobre, a la superficie 74. Un xantato, por ejemplo, tiene tanto el grupo funcional 78 como el segmento molecular 76 para incorporarse al polímero que se usa para fabricar la esfera sintética 70. El grupo funcional 78 también se conoce como colector que puede tener un enlace ionizante o no ionizante. El enlace ionizante puede ser aniónico o catiónico. Un enlace aniónico incluye oxihidrido, como carboxílico, sulfatos y sulfonatos, y sulfhidral, como xantatos y ditioposfatos. Otras moléculas o compuestos que pueden usarse para proporcionar el grupo funcional 78 incluyen tionocarboamatos, tioureas, xantógenos, monotiofosfatos, hidroquinonas y poliaminas.

- 25 De manera similar, se puede incorporar un agente quelante en el polímero como sitio colector para atraer un mineral, como el cobre. Como se muestra en la figura 4b, 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 utilizar esferas sintéticas 70 más pequeñas.

- 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 aquí 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 un polímero a base de bisoxazolona (no según la invención), por ejemplo. El cuerpo tiene una superficie que comprende una pluralidad de moléculas con uno o más grupos funcionales para atraer partículas minerales de interés a la superficie. Un polímero que tiene un grupo funcional para atraer o recolectar partículas minerales se denomina polímero funcionalizado. A modo de ejemplo, todo el cuerpo de la esfera sintética puede estar hecho del mismo material funcionalizado, o el cuerpo de la esfera puede ser una cubierta, que puede formarse mediante expansión, como expansión térmica o reducción de presión. Según la presente invención, el material sintético es polidimetilsiloxano (PDMS).

- La cubierta se puede formar como una microburbuja o un globo. La cubierta, que está hecha de PDMS, puede tener una parte interior. La parte interior puede estar llena de aire o gas para ayudar a la flotabilidad, por ejemplo. La parte interior se puede utilizar para contener un líquido que se liberará durante el proceso de separación de minerales, con el fin de controlar la química del proceso que se está realizando, por ejemplo, en la columna o celda de flotación. El líquido encapsulado, por ejemplo, puede ser un líquido polar o un líquido no polar. El líquido encapsulado, por ejemplo, puede contener una composición depresora para la separación mejorada de cobre, níquel, zinc, plomo en minerales sulfurados en la etapa de flotación. La cubierta, por ejemplo, se puede usar para encapsular un polvo que puede tener una propiedad magnética para hacer que la esfera sintética sea magnética (no según la invención). En tales realizaciones (fuera del alcance de las reivindicaciones), se puede generar un campo electromagnético para capturar o agitar las esferas sintéticas. 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 de interés y un enlace iónico para unir la partícula mineral humedecida a la esfera sintética. La cubierta se puede usar para encapsular un núcleo sólido, como espuma de poliestireno para ayudar a la flotabilidad, por ejemplo. En otra realización más, solo el recubrimiento del cuerpo de la esfera puede estar hecho de polímero funcionalizado. La esfera sintética puede tener un núcleo hecho de cerámica, vidrio o metal y solo la superficie del núcleo puede tener un recubrimiento hecho de polímero funcionalizado, donde solo los cuerpos en fase sólida que tienen una superficie de vidrio recubierta con PDMS terminado en hidroxilo están dentro del alcance de las reivindicaciones. El núcleo puede ser un núcleo hueco o un núcleo relleno dependiendo de las aplicaciones. El núcleo puede ser una microburbuja, una esfera o un globo. Por ejemplo, un núcleo relleno hecho de metal (fuera del alcance de las reivindicaciones) hace que la densidad de la esfera sintética sea mayor que la densidad de la suspensión de pulpa, por ejemplo, para asentarse en la columna o celda de flotación y ser recogido. El núcleo puede estar hecho de un material magnético (fuera del alcance de las reivindicaciones) 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 triturado no deseada en la mezcla. Por ejemplo, la esfera sintética se puede configurar con un núcleo ferromagnético o ferrimagnético que se atrae a las superficies paramagnéticas. Se puede usar un núcleo 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.

De acuerdo con la invención, dichos núcleos tienen una superficie de vidrio recubierta con PDMS terminado en hidroxilo.

Debe entenderse que el uso del término "esfera" no pretende limitar la forma de la esfera sintética de la presente invención a ser esférica, como se muestra en la figura 4a, 4b. En diversas realizaciones de la presente invención, la esfera sintética puede tener una forma elíptica, una forma cilíndrica, una forma de bloque, una forma irregular. En efecto, no se pretende que el alcance de la invención se limite a ningún tipo particular o tipo de forma de la esfera sintética.

También debe entenderse que la superficie de una esfera sintética, de acuerdo con la presente invención, no se limita a una suavidad general de su superficie como se muestra en la figura 4a. En algunas realizaciones de la presente invención, la superficie puede ser irregular y rugosa. Por ejemplo, la superficie puede tener algunas estructuras físicas como ranuras o varillas, agujeros o abolladuras. La superficie puede tener algunas estructuras físicas formadas a partir de esferas apiladas. La superficie puede tener algunas estructuras físicas similares a cabellos. Además de los grupos funcionales de las esferas sintéticas que atraen partículas minerales de interés a la superficie de la esfera, las estructuras físicas pueden ayudar a atrapar las partículas minerales en la superficie de la esfera. La superficie puede configurarse para ser una superficie de panal o una superficie similar a una esponja para atrapar las partículas minerales y/o aumentar la superficie de contacto. En efecto, el alcance de la invención sólo está limitado por las reivindicaciones, en cuanto al tipo o clase de superficie de la esfera sintética.

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 usar un medio diferente para atraer las partículas minerales de interés a la superficie de las esferas sintéticas, sin embargo, solo los materiales definidos en las reivindicaciones constituyen realizaciones de la invención, y los diferentes materiales se describen solo con fines ilustrativos. Por ejemplo, la superficie de las esferas o cubiertas de polímero se puede funcionalizar con una molécula o compuesto químico hidrofóbico, como se analiza a continuación. Alternativamente, la superficie de esferas hechas de vidrio, cerámica y metal (quedando fuera del alcance de las reivindicaciones la cerámica y el metal) se puede recubrir con moléculas o compuestos químicos hidrofóbicos. Utilizando el revestimiento de esferas de vidrio según la invención, se utilizan PDMS terminados en hidroxilo (polisiloxanatos) para funcionalizar las esferas de vidrio con el fin de fabricar 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 hidrofóbicas. 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, como una solución de ácido sulfúrico. De acuerdo con 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 5a a 5c: Hidrofobicidad

A fin de ayudar al experto en la materia a comprender varias realizaciones de la presente descripción, la figura 5a muestra una burbuja o esfera sintética generalizada que tiene algunas partículas adheridas a la superficie. La figura 5b ilustra una parte ampliada de la esfera sintética que muestra una partícula mineral humedecida adherida a la superficie hidrofóbica de la esfera sintética. La figura 5c ilustra una parte ampliada de la esfera sintética que muestra una partícula hidrofóbica unida a la superficie hidrofóbica de la esfera sintética.

La partícula hidrofóbica está relacionada con minerales. La esfera sintética puede ser una esfera o burbuja basada en el tamaño, una esfera y una burbuja de polímero basadas en el peso, o una esfera y una burbuja basadas en magnetismo (no según la invención), de acuerdo con lo establecido en este documento. El tamaño de la esfera sintética puede ser menor que el tamaño mínimo de las partículas minerales de interés que es de aproximadamente 150 μm y puede ser mayor que el tamaño máximo de las partículas minerales de interés. En ciertas aplicaciones, el tamaño de la esfera sintética puede ser de 1 cm o mayor.

Tal y como se muestra en la figura 5a, la burbuja o esfera sintética 170 tiene un cuerpo de esfera para proporcionar una superficie de esfera 174. Al menos la parte exterior del cuerpo de la esfera está hecha de un material sintético, como un polímero hidrofóbico, o un recubrimiento de un químico hidrofóbico, estando definidos los materiales en las reivindicaciones. Como tales, las partículas hidrofóbicas 172, 172' son atraídas a la superficie 174 para formar una burbuja o esfera sintética enriquecida 175. Como se muestra en las figuras 5a y 5b, la superficie 174 de la burbuja o esfera sintética comprende una pluralidad de moléculas 179 que hacen la superficie 174 hidrofóbica. Por ejemplo, la superficie 174 puede ser una superficie de vidrio recubierta con PDMS terminado en hidroxilo que tiene grupos

funcionales que se unen al grupo hidroxilo de la superficie de vidrio.

Los polisiloxanatos, como los polidimetilsiloxanos terminados en hidroxilo, tienen una cadena de silicio-oxígeno para proporcionar las moléculas hidrofóbicas 179. La partícula hidrofóbica 172', como se muestra en la figura 5b, puede ser una partícula mineral 171' que tiene uno o más colectores 173 unidos a ella. Un extremo (178) del colector 173 tiene un enlace iónico unido a la partícula mineral de interés 171'. El otro extremo del colector 173 tiene una cadena hidrofóbica 176 que tiende a moverse dentro de las moléculas hidrofóbicas 179. Así, la partícula hidrofóbica 172' puede ser una partícula mineral humedecida. Un colector, como el xantato, tiene tanto el grupo funcional 178 como la molécula 176. Un xantato, por ejemplo, tiene tanto el grupo funcional 178 como el segmento molecular 176 para incorporarse al polímero que se usa para fabricar la esfera sintética 170. Un grupo funcional 178 también se conoce como colector que puede tener un enlace ionizante o no ionizante. El enlace ionizante puede ser aniónico o catiónico. Un enlace aniónico 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 178 incluyen tionocarboamatos, tioureas, xantógenos, monotiofosfatos, hidroquinonas y poliaminas.

La partícula hidrofóbica 172, como se muestra en la figura 5c, puede ser una partícula que tiene una cadena hidrofóbica 176. Tal partícula puede no estar relacionada con minerales, pero puede disponerse para entrar en contacto con las burbujas o esferas sintéticas hidrofóbicas 170 de la presente invención. Por lo tanto, las burbujas o esferas hidrofóbicas 170, según diversas realizaciones, se pueden usar en aplicaciones no mineras, como para controlar la contaminación y purificación del agua. En la presente invención se utilizan para separar material valioso de material no deseado en una mezcla, comprendiendo el material valioso partículas minerales.

pH

En muchos ambientes de liberación, el valor de pH es más bajo que el valor de pH para la fijación de minerales. Cabe señalar que, sin embargo, cuando el material valioso es el cobre, por ejemplo, es posible proporcionar un entorno de pH más bajo para la unión de partículas minerales y proporcionar un entorno de pH más alto para la liberación de partículas minerales de las burbujas o esferas sintéticas. En general, el valor de pH se elige para facilitar la unión más fuerte y se elige un valor de pH diferente para facilitar la liberación. Por lo tanto, según algunas realizaciones de la presente invención, se elige un valor de pH para la unión del mineral y se elige un valor de pH diferente para la liberación del mineral. Los diferentes pH pueden ser más altos o más bajos, según el mineral y el colector específicos.

Tamaño de esfera (rango)

Las esferas sintéticas, según algunas realizaciones de la presente invención, se pueden fabricar con diferentes tamaños para atraer partículas minerales de diferentes tamaños. Por ejemplo, a diferencia de las burbujas de aire, las esferas sintéticas de mayor tamaño se pueden usar para atraer partículas minerales mayores de, digamos, 200 µm. Por lo tanto, la molienda del mineral volado 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 que utiliza 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 donde 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 inferior 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 grande. Sin embargo, las esferas grandes reducirían las superficies funcionalizadas donde las partículas minerales pueden adherirse a las esferas sintéticas. Así, según 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 más grande; las esferas sintéticas están configuradas con un tamaño en un rango de aproximadamente 50-500 µm para atraer o unirse a partículas minerales que tienen un tamaño sustancialmente similar, un tamaño más pequeño o un tamaño más grande; 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 ser menores de 50 µm y mayores de 10 mm.

Tamaño relativo

De acuerdo con algunas realizaciones de la presente invención, las esferas sintéticas están configuradas para ser más grandes que las partículas minerales. Como tal, una pluralidad de partículas minerales pueden adherirse a una esfera sintética. De acuerdo con otras realizaciones de la presente invención, las esferas sintéticas están configuradas para ser más pequeñas que las partículas minerales. Como tal, una pluralidad de esferas sintéticas pueden adherirse a una partícula mineral. El tamaño de las esferas sintéticas también puede ser aproximadamente

el mismo que el tamaño de la partícula mineral.

Separación de arenas bituminosas (no según la invención)

Debe entenderse que las esferas sintéticas de acuerdo con la presente invención, ya sea funcionalizadas para tener un colector o funcionalizadas para ser hidrofóbicas, también son adecuadas para su uso en la separación de arenas bituminosas - para separar el betún de la arena y agua en la recuperación de betún en una operación minera de arenas bituminosas. Asimismo, los filtros y membranas funcionalizados (fuera del alcance de las reivindicaciones), también son adecuados para la separación de arenas bituminosas.

Parte de superficie funcionalizada

De acuerdo con algunas realizaciones de la presente invención, solo una parte de la superficie de la esfera sintética se funcionaliza para que sea hidrofóbica. El polidimetilsiloxano, que forma el cuerpo en fase sólida, o la cubierta del cuerpo en fase sólida, o un revestimiento sobre una superficie de vidrio del cuerpo en fase sólida según la invención, es un polímero hidrofóbico. Las realizaciones, en las que solo una parte de la superficie de la esfera sintética es hidrofóbica, tienen los siguientes beneficios:

1. Evita que se agrupen demasiadas esferas, o limita la aglomeración 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 ubique debajo de la esfera a medida que asciende a través de la celda de flotación;
 - a. Mejora la limpieza ya que puede dejar pasar la ganga,
 - b. Protege la partícula o partículas minerales unidas para que no sean golpeadas, y
 - c. Proporciona un ascenso más limpio [claro] hacia a la zona de recolección superior en la celda de flotación.

De acuerdo con algunas realizaciones de la presente invención, solo una parte de la superficie de la esfera sintética está funcionalizada con colectores. Esto también tiene los beneficios de

1. 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 ubique debajo de la esfera a medida que asciende a través de la celda de flotación;
 - a. Mejora la limpieza ya que puede dejar pasar la ganga,
 - b. Protege la partícula o partículas minerales unidas para que no sean golpeadas, y
 - c. Proporciona un ascenso más limpio [claro] hacia a la zona de recolección superior en la celda de flotación.

Ambos el colector y el hidrofóbico en la misma esfera:

De acuerdo con 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 hidrofóbica, tal y como se muestra en las figuras 6a y 6b. El PDMS es hidrofóbico por naturaleza. Como se muestra en la figura 6a, una esfera sintética 74 tiene una parte superficial donde el polímero se funcionaliza para tener moléculas colectoras moléculas colectoras 73 con el grupo funcional 78 y el segmento molecular 76 unidos a la superficie de la esfera 74. La esfera sintética 74 también tiene una parte de superficie diferente donde el polímero se funcionaliza para tener moléculas hidrofóbicas 179 (o 79). En la realización que se muestra en la figura 6b, toda la superficie de la esfera sintética 74 se puede funcionalizar para tener moléculas colectoras 73, pero una parte de la superficie se funcionaliza para tener moléculas hidrofóbicas 179 (o 79) que la hacen hidrofóbica. Esta esfera sintética "híbrida" puede recolectar partículas minerales que están húmedas y no húmedas.

Ventajas de la misma esfera que tiene tanto moléculas colectoras como moléculas hidrofóbicas

De acuerdo con 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 hidrofóbica y esta esfera sintética "híbrida" también está configurada para su uso en una celda de flotación tradicional. La esfera sintética "híbrida" (véanse las figuras 6a y 6b) tiene una parte hidrofóbica y una parte colectora separada. Cuando las esferas "híbridas" se mezclan con aire en la celda de flotación, algunas de ellas se unirán a las burbujas de aire debido a la parte hidrofóbica. Dado que la esfera sintética "híbrida" está unida a una burbuja de aire, la parte colectora de la esfera unida puede recoger partículas minerales con los grupos funcionales. Por lo tanto, las esferas sintéticas, según algunas realizaciones de la presente invención, se pueden usar para reemplazar las burbujas de aire o para trabajar junto con las burbujas de aire en un proceso de flotación.

Un colector

De acuerdo con algunas realizaciones de la presente invención, la superficie de una esfera sintética se puede funcionalizar para tener una molécula colector. El colector tiene un grupo funcional con un ion capaz de formar un enlace químico con una partícula mineral. Una partícula mineral asociada con una o más moléculas colectoras se denomina partícula mineral humedecida. La esfera sintética se puede funcionalizar para que sea hidrofóbica con el fin de recolectar una o más partículas minerales humedecidas. El PDMS utilizado según la invención es hidrófobo sin funcionalización.

Adaptación a celdas de flotación preexistentes

El alcance de la invención pretende incluir aplicaciones independientes, así como la adaptación de la tecnología descrita en el presente documento a celdas de flotación preexistentes que funcionan según la tecnología del estado de la técnica. En la aplicación de actualización, una celda de flotación según la presente invención puede configurarse, por ejemplo, en el extremo posterior de una celda de flotación preexistente.

Además, también se contemplan realizaciones en las que las burbujas sintéticas según la presente invención pueden usarse solas o en combinación con las burbujas de aire que se usan en la técnica anterior.

Aplicaciones

El alcance de la invención es la separación de minerales, incluida la separación de cobre del mineral. Sin embargo, son concebibles otros tipos o tipos de aplicaciones, por ejemplo, incluyendo un circuito de flotación, lixiviación, fundición, un circuito de gravedad, un circuito magnético o purificación de agua, así como aplicaciones relacionadas con la separación de arenas bituminosas que incluye la separación del betún de la arena y agua en la recuperación de betún en una operación minera de arenas bituminosas.

REIVINDICACIONES

1. Aparato (10) que comprende:

5 una pluralidad de burbujas o esferas sintéticas (100, 117), y

una celda o columna que tiene una parte superior y una parte inferior, la parte superior está configurada (22) para recibir una mezcla de fluido y material valioso y material no deseado (14);

10 la parte inferior está configurada (24) para recibir las burbujas o esferas sintéticas, las burbujas o esferas sintéticas construidas para flotar cuando se sumergen en la mezcla y funcionalizadas para controlar la química de un proceso que se realiza en la celda o columna; y en donde la parte superior de la celda o columna está además dispuesta (20) para proporcionar burbujas o esferas sintéticas enriquecidas que tienen el material valioso unido a ellas (18), donde el material valioso comprende partículas minerales,

15 caracterizado por que las burbujas o esferas sintéticas tienen la forma de cuerpos en fase sólida que comprenden una superficie que tiene moléculas unidas a ella, las moléculas que comprenden un grupo funcional seleccionado para atraer las partículas minerales, en donde

20 el cuerpo en fase sólida está hecho de un material sintético que comprende las moléculas, o

el cuerpo en fase sólida incluye una cubierta que proporciona la superficie, la cubierta está hecha de un material sintético que comprende las moléculas,

25 y además en el que el material sintético es polidimetilsiloxano, o

en el que el cuerpo en fase sólida tiene una superficie de vidrio recubierta con polidimetilsiloxano terminado en hidroxilo.

30 2. Aparato según la reivindicación 1, en el que el cuerpo en fase sólida incluye una cubierta que proporciona la superficie, la cubierta está hecha de polidimetilsiloxano que comprende las moléculas,

y en el que la cubierta comprende una parte interior dispuesta para encapsular un líquido que tiene una propiedad química diferente de la mezcla acuosa, con el fin de controlar la química de un proceso que se está realizando en relación con la mezcla acuosa.

35 3. Aparato según la reivindicación 1, en el que el cuerpo en fase sólida incluye una cubierta que proporciona la superficie, la cubierta está hecha de polidimetilsiloxano que comprende las moléculas, y en el que las burbujas o esferas sintéticas están construidas con cubiertas exteriores firmes configuradas para contener un gas, que incluye aire, para que flote cuando se sumerja en la mezcla.

40 4. Aparato según la reivindicación 1, en el que el cuerpo en fase sólida incluye una cubierta que proporciona la superficie, la cubierta está hecha de polidimetilsiloxano que comprende las moléculas, y en el que la cubierta comprende una parte interior dispuesta para encapsular un material en fase sólida diferente del polidimetilsiloxano.

45 5. Aparato según la reivindicación 1, en el que el cuerpo en fase sólida incluye una cubierta que proporciona la superficie, la cubierta está hecha de polidimetilsiloxano que comprende las moléculas, y en el que el aparato comprende además un proceso o procesador de recuperación de esferas (50) configurado para recibir burbujas o esferas sintéticas enriquecidas (18) y proporcionar burbujas o esferas sintéticas recuperadas (52), incluso cuando las burbujas o esferas sintéticas enriquecidas están en forma de polímero enriquecido o burbujas a base de polímero, y cuando las burbujas o esferas sintéticas enriquecidas recuperadas están en la forma de polímero recuperado o burbujas basadas en polímeros, incluso cuando el proceso o procesador de recuperación de esferas comprende una estación de lavado en la que el mineral valioso se elimina mecánica, química o electrostáticamente de las burbujas sintéticas enriquecidas.

55 6. Aparato según la reivindicación 1, que comprende además un espesante (28) configurado para recibir relaves de una columna o celda de flotación y proporcionar relaves espesados y agua recuperada, incluyendo en donde el espesante está configurado (32) para proporcionar agua recuperada de regreso a la celda de flotación o columna.

60 7. Aparato según la reivindicación 1, en el que

la celda o columna es una celda o columna de flotación;

el fluido es agua; y

65 la celda o columna de flotación está configurada para proporcionar polímeros enriquecidos o materiales

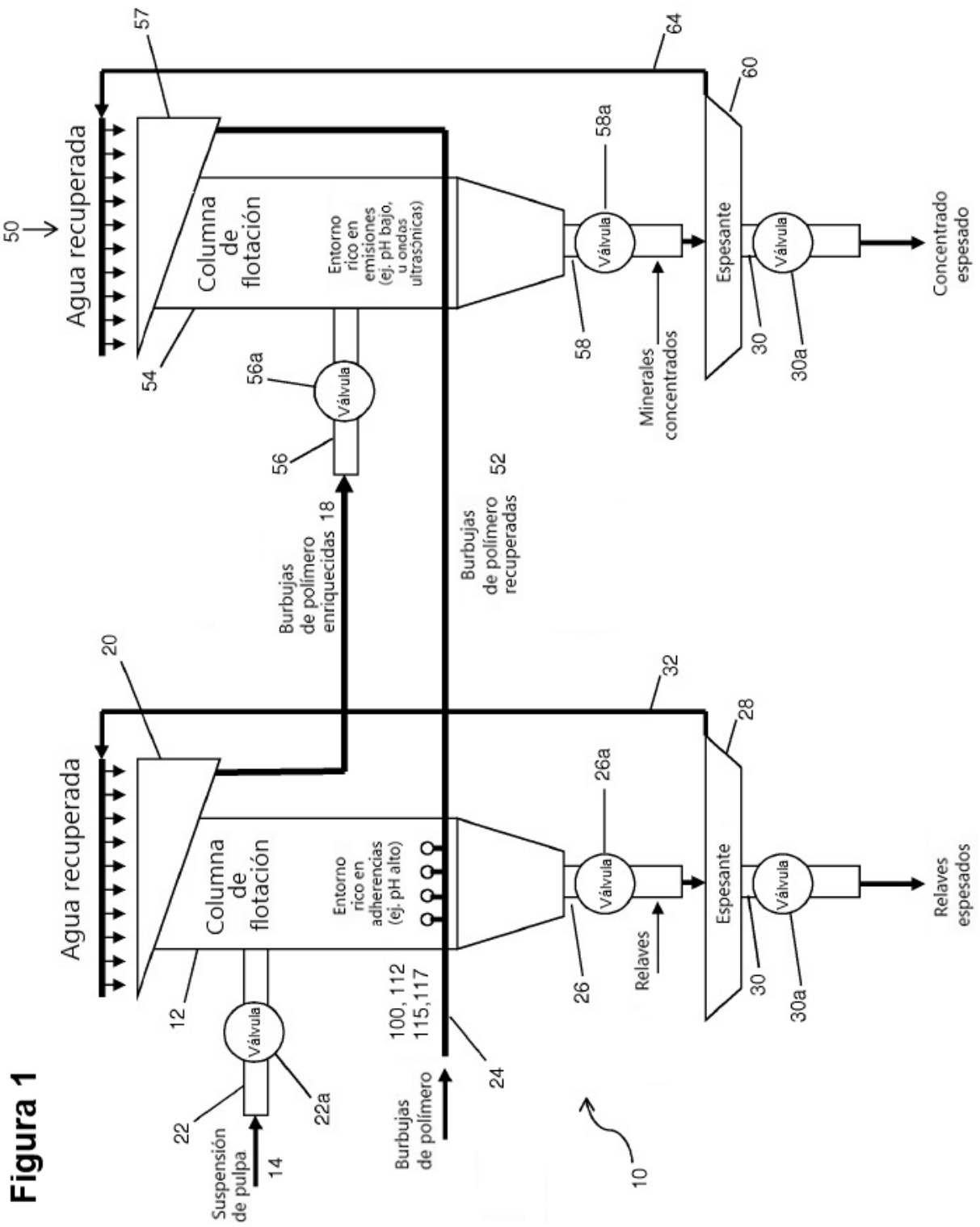
basados en polímeros, incluyendo polímeros enriquecidos o burbujas o esferas basadas en polímeros, que tienen el material valioso unido a ellas.

8. Procedimiento para su implementación en una celda o columna, comprendiendo el procedimiento:

- 5 recibir en la celda o columna una mezcla de fluido y material valioso;
- 10 recibir en la celda o columna burbujas o esferas sintéticas construidas para flotar cuando se sumergen en la mezcla y se funcionalizan para controlar la química de un proceso que se realiza en la celda o columna; y
- 15 proporcionar desde la celda o columna esferas o burbujas sintéticas enriquecidas que tienen el material valioso unido a ellas, donde el material valioso comprende partículas minerales, caracterizado en que las burbujas o esferas sintéticas tienen la forma de cuerpos en fase sólida que comprenden una superficie que tiene moléculas unidas a ella, las moléculas que comprenden un grupo funcional seleccionado para atraer las partículas minerales, en donde
- 20 el cuerpo en fase sólida está hecho de un material sintético que comprende las moléculas, o el cuerpo en fase sólida incluye una cubierta que proporciona la superficie, la cubierta está hecha de un material sintético que comprende las moléculas, y además en el que el material sintético es polimetilsiloxano.

25 9. El método según la reivindicación 8, en el que el cuerpo en fase sólida incluye una cubierta que proporciona la superficie, la cubierta está hecha de polidimetilsiloxano que comprende las moléculas, y en el que

- 30 la cubierta comprende una parte interior dispuesta para encapsular un líquido que tiene una propiedad química diferente de la mezcla acuosa, con el fin de controlar la química de un proceso que se está realizando en relación con la mezcla acuosa.



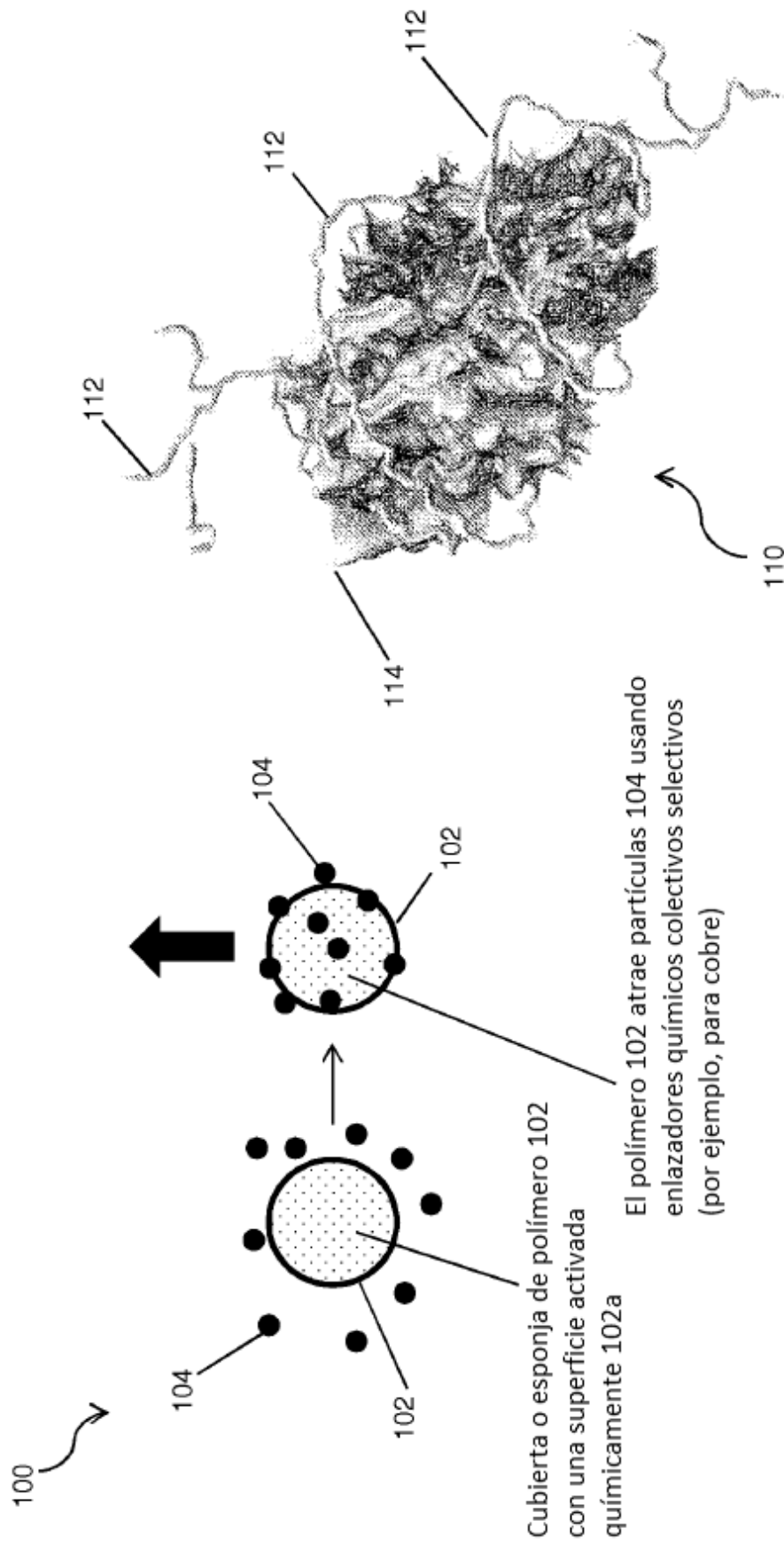


Figura 2b

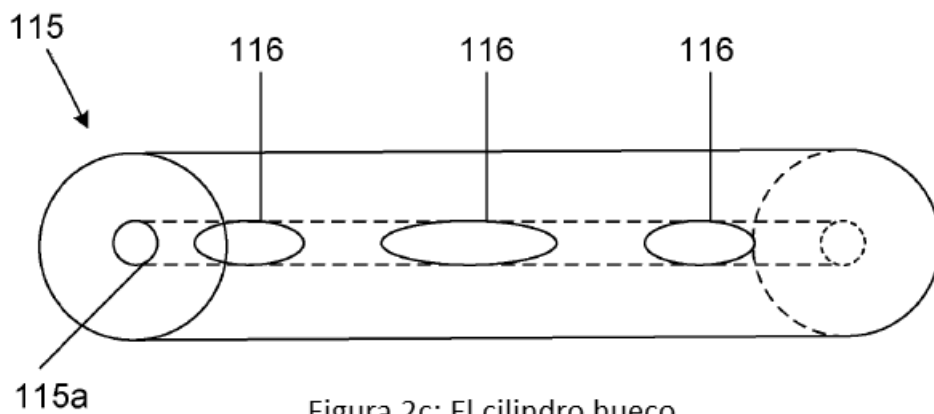


Figura 2c: El cilindro hueco

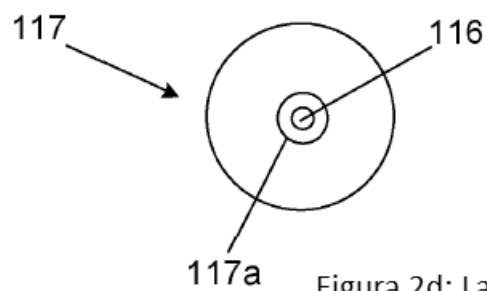
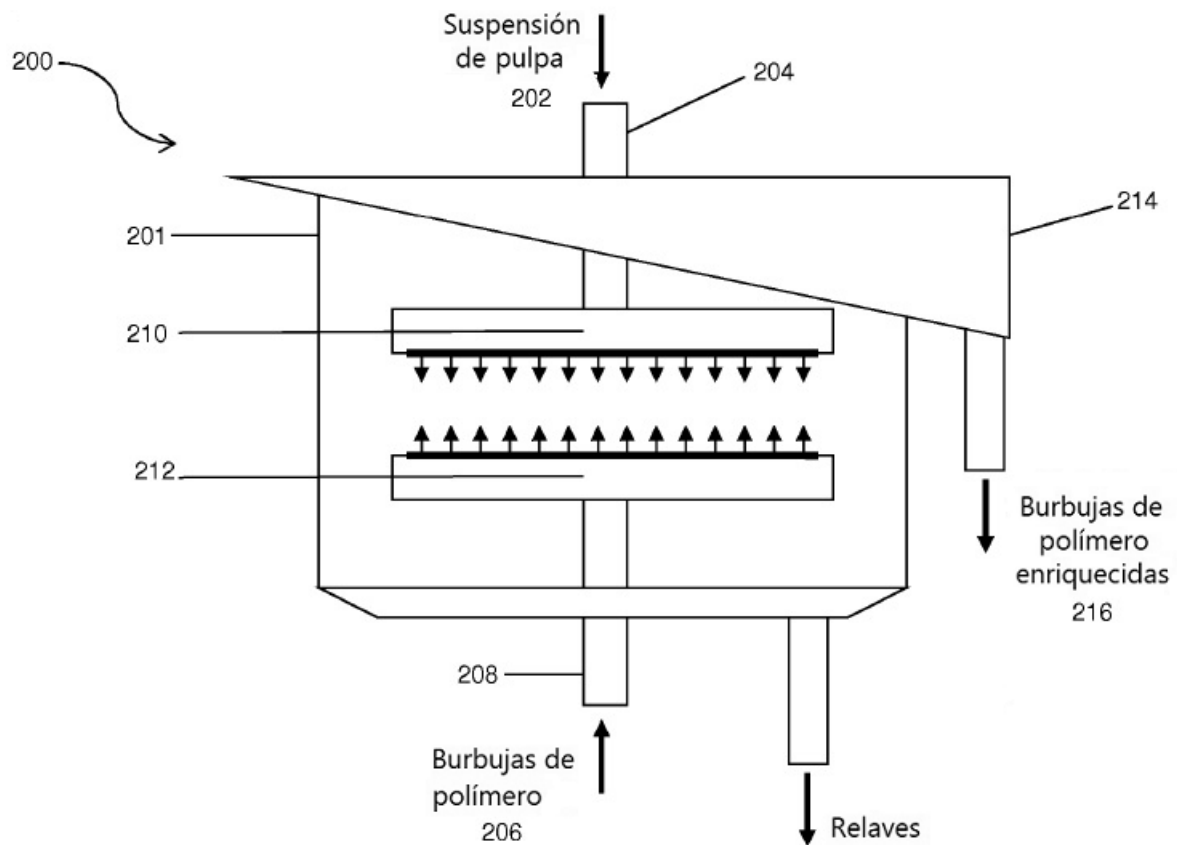


Figura 2d: La esfera hueca

Figura 3: Celda o columna de flotación alternativa



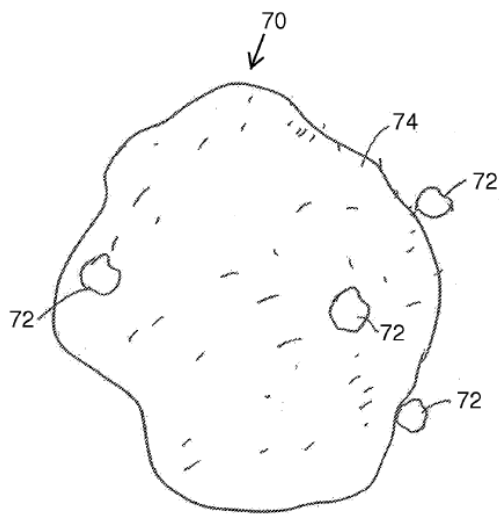


Figura 4a

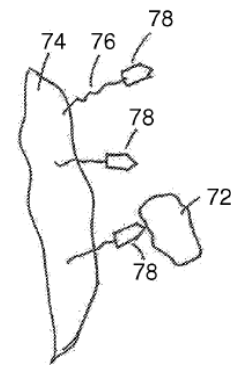


Figura 4b

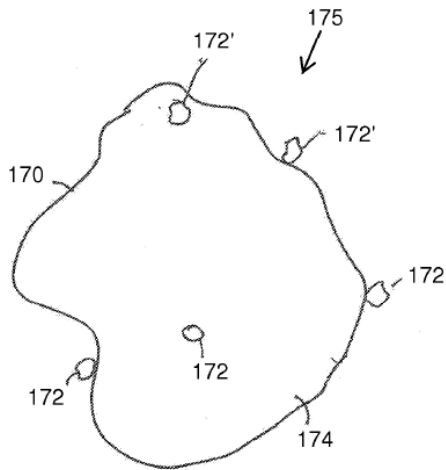


Figura 5a

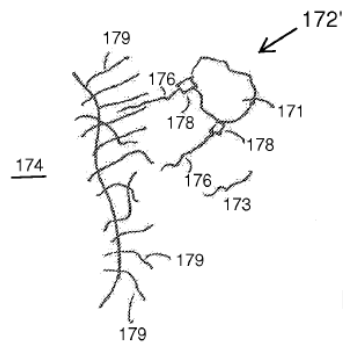


Figura 5b

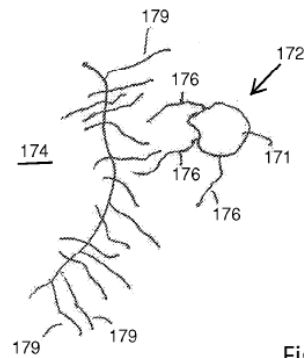


Figura 5c

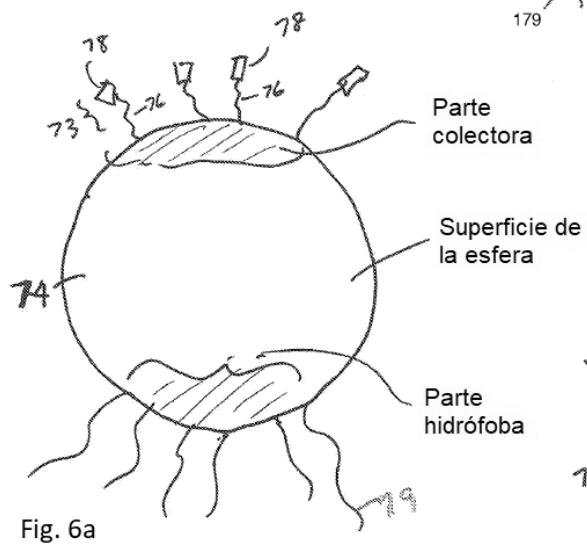


Fig. 6a

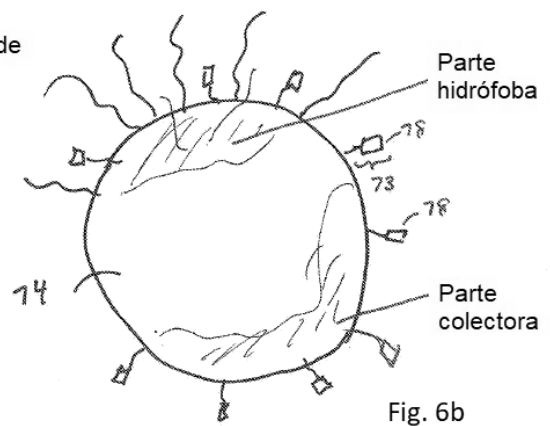


Fig. 6b