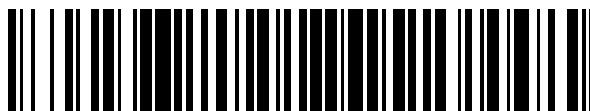


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 625 530**

51 Int. Cl.:

C02F 1/52 (2006.01)

C02F 1/66 (2006.01)

C02F 5/00 (2006.01)

C02F 11/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.02.2012 E 12155373 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.04.2017 EP 2489640**

54 Título: **Procedimiento para la recuperación de estruvita usando inyección de fosfato**

30 Prioridad:

15.02.2011 US 201161443183 P

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

19.07.2017

73 Titular/es:

**OSTARA NUTRIENT RECOVERY
TECHNOLOGIES INC. (100.0%)
690-1199 West Pender Street
Vancouver, British Columbia V6E 2R1, CA**

72 Inventor/es:

**KUZMA, MATT;
BAUR, ROBERT JAMES y
SATHYANARAYANA, RAM PRASAD MELAHALLI**

74 Agente/Representante:

SALVA FERRER, Joan

ES 2 625 530 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

Procedimiento para la recuperación de estruvita usando inyección de fosfato

5 CAMPO TÉCNICO

[0001] La invención se refiere al tratamiento de aguas residuales para precipitar materiales disueltos de las aguas residuales. Por ejemplo, la invención se puede aplicar en sistemas de reactores de precipitación de estruvita. Las realizaciones se refieren a procedimientos para inhibir la formación de estruvita y los problemas de
10 incrustaciones corriente arriba de un reactor de precipitación, mientras que se permite y/o potencia la recuperación de estruvita o de otros compuestos que contienen fósforo en el reactor de precipitación.

ANTECEDENTES

15 **[0002]** Los reactores en general y los reactores de lecho fluidizado en particular, se han usado para separar y recuperar nutrientes (es decir, amoníaco y fósforo) de aguas residuales que contienen concentraciones significativas de fósforo, a menudo en forma de fosfato. Dichas aguas residuales pueden proceder de una amplia variedad de fuentes. Estas incluyen fuentes tales como lixiviación de vertederos de residuos, escorrentía de suelos agrícolas, efluente de procedimientos industriales, aguas residuales municipales, residuos animales, y similares. Dichas aguas
20 residuales, si son liberadas al entorno sin tratamiento, puede producir niveles de fósforo en exceso en el efluente.

[0003] Existen diferentes tecnologías de separación y recuperación de fósforo. Algunas de las tecnologías proporcionan reactores de lecho fluidizado para separar el fósforo de las disoluciones acuosas, produciendo estruvita ($MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$) o un análogo de estruvita o un compuesto de fosfato en forma de sedimentos. La
25 estruvita se puede formar por la reacción:



[0004] Los ejemplos de reactores usados para separar y recuperar fósforo de las disoluciones de aguas
30 residuales se han descrito en varias referencias. Incluyen:

- Regy et al., "Phosphate recovery by struvite precipitation in a stirred reactor, LAGEP" (Marzo a diciembre de 2001) incluye una revisión de diferentes intentos de separar el fósforo y nitrógeno de aguas residuales por precipitación de estruvita.
- 35 • Trentelman, patente de EE.UU. n° 4.389.317 y Piekema et al., "Phosphate Recovery by the Crystallization Process: Experience and Developments", artículo presentado en la 2nd International Conference on Phosphate Recovery for Recycling from Sewage and Animal Wastes, Noordwijkerhout, Holanda, 12-13 de marzo, 2001, describe un reactor y procedimiento para precipitar fosfato en forma de fosfato de calcio, fosfato de magnesio, fosfato de amonio y magnesio o fosfato de magnesio y potasio.
- 40 • Ueno et al., "Three years experience on operating and selling recovered struvite from full scale plant" (2001), *Environmental Technology*, v. 22, p. 1373, describe el uso de reactores de cristalización corriente arriba para separar el fosfato en forma de fosfato de amonio y magnesio (también conocido como estruvita).
- Tsunekawa et al., Resúmenes de patente de Japón n° 11-267665, describe un reactor para separar el fósforo del agua.
- 45 • Koch et al., *fluidized bed wastewater treatment*, patente de EE.UU. n° 7.622.047.

[0005] El documento WO 2009/102142 A2 se refiere a un procedimiento para separar el nitrógeno y producir estruvita a partir de aguas residuales ricas en nitrógeno. El documento WO 2009/102142 A2 menciona la adición de H_2PO_4 antes de la etapa de digestión.
50

[0006] Un problema con los sistemas y reactores de tratamiento de aguas residuales es que la estruvita o incrustación que tiene otras composiciones, se pueden formar indeseablemente en los sistemas de tuberías de efluente o de lo contrario corriente arriba del reactor de precipitación. Se conoce el uso de algunos inhibidores como polifosfatos, fosfonatos, polímeros u otros compuestos o mezclas para ayudar a limitar o parar la formación de
55 estruvita en tuberías, pero estos inhibidores también inhiben la formación de estruvita deseada corriente abajo en el reactor. Es necesaria una solución económica para abordar este problema.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

[0007] Los dibujos que acompañan ilustran realizaciones no limitantes de la invención.

La figura 1 es un diagrama esquemático de un sistema de tratamiento de aguas residuales de acuerdo con una realización de ejemplo de la invención.

5

La figura 2 es un diagrama de la parte del reactor de lecho fluidizado de un sistema de tratamiento de aguas residuales de acuerdo con una realización de ejemplo de la invención.

La figura 3 es un diagrama de flujo que ilustra un método general de tratamiento de aguas residuales en un sistema de tratamiento de aguas residuales, de acuerdo con otra realización de ejemplo de la invención.

10

DESCRIPCIÓN

[0008] A lo largo de la siguiente descripción, se exponen detalles específicos con el fin de proporcionar una mayor comprensión de la invención. Sin embargo, la invención se puede poner en práctica sin estos detalles. En otros casos, algunos elementos bien conocidos no se han mostrado o descrito con detalle para evitar bloquear la visión de la invención innecesariamente. Por consiguiente, la memoria descriptiva y los dibujos se consideran como ilustrativos, más que en un sentido restrictivo.

15

[0009] Algunas realizaciones en la siguiente descripción se refieren al aparato reactor (no de acuerdo con la presente invención) o procedimientos en los que el fósforo en las aguas residuales se hace precipitar en forma de estruvita o análogos de estruvita o un compuesto de fosfato. Esta elección de ejemplo coincide con un aspecto de la invención que se cree que tiene utilidad comercial significativa. Sin embargo, el alcance de la invención no está limitado a estos ejemplos, sino que se define por las reivindicaciones adjuntas.

20

[0010] Una realización tiene aplicación particular en los sistemas de tratamiento de aguas residuales que comprenden un reactor de lecho fluidizado del tipo descrito por Koch et al., patente de EE.UU. nº 7.622.047, titulada "Fluidized Bed Wastewater Treatment". Dichos sistemas pueden producir sedimentos de estruvita, análogos de estruvita u otros sólidos que contienen fósforo de las aguas residuales.

25

[0011] Por conveniencia, la expresión "aguas residuales" se usa en la siguiente descripción y reivindicaciones para describir disoluciones acuosas tales como aguas residuales industriales y municipales, lixiviados, escorrentías, residuos de animales, efluente o similares. La expresión "aguas residuales" no está limitada al efluente de las aguas residuales municipales, residuos animales o cualquier otra fuente específica. Algunas realizaciones proporcionan procedimientos para tratar aguas residuales municipales y/o residuos animales. Algunas realizaciones proporcionan procedimientos y aparatos para tratar otras clases de aguas residuales. Realmente, la expresión "aguas residuales" debe considerarse que incluye cualquier disolución que tenga determinadas propiedades y constituyentes de aguas residuales (es decir, cualquier disolución de tipo aguas residuales) que se podría producir opcionalmente a partir de materias primas estrictamente para usar en la producción de estruvita.

30

[0012] Solo a modo de ejemplo, un sistema de tratamiento de aguas residuales típico 10 (figura 1) puede comprender una serie de elementos conectados a un sistema de tuberías 14. Las aguas residuales pueden empezar el procedimiento de tratamiento en el digestor 12, sufriendo digestión aeróbica o anaeróbica. Después, las aguas residuales digeridas se pueden bombear a un dispositivo de separación de sólido/líquido 16 tal como una centrífuga u otro dispositivo de separación de sólidos mediante el cual se pueden separar los sólidos (lodo). Los ejemplos de dispositivos de separación de sólido/líquido que se pueden usar son centrífugas, clarificadores, decantadores, espesadores por gravedad, prensa de correa y similares. Desde el dispositivo de separación de sólido/líquido 16, el efluente puede pasar a un tanque 18 adicional, que se puede denominar tanque de clarificación/sedimentación o tanque de igualación/almacenamiento, desde el cual el efluente se puede transferir al tanque del reactor de separación 22 por la entrada 24. En la mayoría de los casos, entre estos diferentes elementos las aguas residuales son bombeadas mediante una o más bombas 20 y pasan por diferentes válvulas, piezas de conexión e instrumentos.

35

40

[0013] La estruvita u otros compuestos que contienen fósforo se pueden hacer precipitar en el tanque del reactor 22 en una variedad de formas que incluyen mediante el procedimiento descrito por Koch et al., patente de EE.UU. nº 7.622.047. El efluente completamente tratado se saca del tanque del reactor 22 en la salida 26.

45

[0014] En sistemas para el tratamiento de aguas residuales que contienen materiales disueltos que tienden a precipitar a niveles de pH más altos, la formación de incrustaciones en la tubería de efluente puede ser un problema.

50

Un ejemplo es un sistema para la recuperación de fosfato en forma de estruvita a partir de efluentes líquidos de procedimientos anaerobios (p. ej., líquidos de digestores anaerobios, líquidos de desaguado en las plantas de tratamiento de aguas residuales municipales, etc.). La solubilidad de la estruvita es una función del pH y disminuye cuando aumenta el pH. Al aumentar el pH la estruvita precipita de las aguas residuales. En dichos sistemas, la formación de la estruvita puede potenciarse como un resultado de aumentos a pH altos y, por lo tanto, es deseable reducir el pH corriente arriba del tanque del reactor.

[0015] Una forma en la que aumenta el pH es cuando es liberado dióxido de carbono de las aguas residuales. El dióxido de carbono tiende a ser liberado cuando las cascadas de aguas residuales drenan o fluyen hacia abajo en tuberías de drenaje parcialmente llenas en el sistema de tuberías del efluente. El dióxido de carbono típicamente está presente en niveles elevados en las aguas residuales que entran debido a la alta fracción de dióxido de carbono en la atmósfera cerrada en los tanques de tratamiento anaerobio que pueden preceder al procedimiento de recuperación de fósforo en una planta de tratamiento de aguas residuales. Una vez que las aguas residuales se exponen al aire ambiente, y en especial cuando se mezclan de forma turbulenta con aire, o cuando se reduce la presión del fluido (p. ej., en restricciones de flujo de tuberías de succión de bomba o tuberías cercanas etc.) el dióxido de carbono tiende a escapar, produciendo el aumento de pH en las aguas residuales. Por lo tanto, el escape del dióxido de carbono y el aumento de pH resultante pueden conducir a una mayor formación de incrustaciones de estruvita en el sistema de tuberías del efluente corriente arriba de un reactor.

[0016] La formación de incrustaciones no es necesariamente un fenómeno ampliamente extendido, ya que el flujo de fluido turbulento en tuberías puede causar pequeñas variaciones localizadas en el pH suficientes para producir la precipitación de estruvita y/o formación de incrustaciones, por ejemplo, en el sitio de una válvula o de otro elemento (un codo, por ejemplo) que produce la turbulencia local o disminución de la presión local. Las incrustaciones de estruvita después pueden acumularse en dicho sitio.

[0017] En los sistemas de recuperación de estruvita/fosfato, se puede controlar el pH para promover la formación de estruvita en un reactor y reducir los niveles de fosfato del efluente. Un intervalo de pH preferido es entre 7,0 y 8,5. El dióxido de carbono que puede estar presente en niveles elevados en las aguas residuales da lugar a condiciones de pH bajo que no son favorables para la formación de estruvita en el tanque de reacción. Con el fin de contrarrestar este problema, se pueden añadir sustancias alcalinas (básicas) tales como hidróxido sódico (NaOH), hidróxido magnésico (Mg(OH)₂), hidróxido amónico (NH₄OH), amoniaco anhidro (NH₃) o similares al sistema en o corriente arriba del tanque de reacción para aumentar el pH de las aguas residuales y promover la formación de estruvita en el tanque de reacción. Sin embargo, la compra de dichos materiales y el suministro y equipo de mantenimiento para introducir dichos materiales en el procedimiento, se suma al coste de operación de un sistema de tratamiento de aguas residuales.

[0018] Una forma de inhibir la formación prematura de estruvita es añadir CO₂ al sistema, disminuyendo el pH, como se describe en una solicitud de patente en tramitación junto con la presente presentada por los autores de la solicitud titulada "METHODS AND APPARATUS FOR STRUVITE RECOVERY USING UPSTREAM CO₂ INJECTION", que se incorpora en el presente documento por referencia. Se ha determinado que otra forma de disminuir el pH es añadir fosfato en forma de ácido fosfórico, H₃PO₄, sea por sí solo o en combinación con CO₂ como se describe más adelante.

[0019] La presente invención proporciona procedimientos que añaden fosfato al sistema, preferiblemente mediante una inyección de H₃PO₄, en cualquiera de los elementos del sistema de tratamiento corriente arriba del reactor, incluyendo el sistema de tuberías 14. La adición de H₃PO₄ disminuye el pH e inhibe la formación de estruvita. Se ha determinado que la precipitación de estruvita en un sistema de tratamiento de aguas se puede retrasar mucho hasta que el efluente llega al reactor, si se añade suficiente H₃PO₄ en el sistema.

[0020] Se apreciará que el H₃PO₄ se podría inyectar en el procedimiento de tratamiento de aguas en cualquier punto en el procedimiento corriente arriba del reactor 22, por ejemplo, en la etapa "A" mostrada en la figura 1, donde el efluente es bombeado desde el digestor 12 al dispositivo de separación de sólido/líquido 16. Sin embargo, la inyección de H₃PO₄ ayudará a inhibir la precipitación de estruvita solo corriente abajo desde el punto en el que se inyecta el H₃PO₄, de modo que preferiblemente el H₃PO₄ se inyecta pronto en el procedimiento de tratamiento para prevenir la formación de incrustaciones a lo largo del procedimiento de tratamiento. Lo más preferiblemente, el H₃PO₄ debería inyectarse en múltiples etapas (por ejemplo, en cada una de las etapas "A", "B", "C" y "D") a lo largo del procedimiento y sistema. El H₃PO₄ también se puede inyectar en o cerca de sitios donde se sabe que hay o es probable que haya o habrá una acumulación de incrustaciones debido a condiciones turbulentas locales (por ejemplo, el H₃PO₄ se puede inyectar corriente arriba de o cerca de una válvula, codo, u otro componente

propenso a formar incrustaciones, que de lo contrario tendería a estar sometido a la formación de incrustaciones como resultado de la precipitación de estruvita).

5 **[0021]** La formación de incrustaciones también se puede detectar midiendo la presión en el sistema de tuberías, y se puede ajustar la dosis de reactivo (p. ej., uno o más de CO₂/H₃PO₄ en cada aplicación adecuada) en respuesta a las señales de presión medidas. Por ejemplo, los residuos en una bomba producirían una presión de descarga menor para la misma velocidad de la bomba, o los residuos en un sistema de tuberías producirían una presión de descarga de la bomba mayor corriente arriba en el sistema de tuberías para el mismo flujo.

10 **[0022]** Se apreciará que se puede medir fácilmente el pH del efluente en uno o más puntos del sistema para controlar la velocidad del flujo de cualquier H₃PO₄ inyectado. Uno de dichos puntos adecuados es en o cerca de la entrada 24 del reactor 22, como se muestra en la figura 2 (véase la sonda de pH 28). Se puede usar entonces un mecanismo de medición (p. ej., un controlador del procedimiento programable) para controlar el flujo de H₃PO₄ en el sistema en respuesta a las lecturas de la sonda 28. La velocidad de inyección de H₃PO₄ y/o CO₂ se puede controlar basándose en presiones de fluidos y/o caudales además de o en lugar del pH. El mecanismo de medición puede estar conectado para recibir la entrada de señales de una o más sondas de pH y/o uno o más sensores de presión y/o uno o más medidores de flujo, por ejemplo. El mecanismo de medición puede estar conectado a válvulas de control de bombas y otros dispositivos de medición para añadir uno o más de CO₂ y H₃PO₄ en cada uno de uno o más sitios en el sistema, en respuesta a las señales que llegan. Sin embargo, el sistema no necesita necesariamente medir el pH y el sistema también se puede controlar simplemente midiendo el volumen de flujo en la tubería (control proporcional al flujo).

20 **[0023]** Los siguientes datos experimentales muestran cómo disminuye el pH en un concentrado después de adición de fosfato, por la adición de H₃PO₄:

25 Ensayos de coagulación de ácido fosfórico - El concentrado se recogió alrededor de las 2:45 pm
 Punto de toma de muestra: Lado de succión de la bomba de alimentación de concentrado (abriendo la válvula del tanque)
 pH inicial del concentrado 7,85 H₃PO₄ al 75%

30

| H ₃ PO ₄ acumulado usado | | H ₃ PO ₄ añadido | | pH | Vol. de concentrado |
|--|--|--|--|------|---------------------|
| µl | | µl | | | ml |
| 0 | | 0 | | 7,85 | 1800 |
| 100 | | 100 | | 7,5 | 1800 |
| 200 | | 100 | | 7,28 | 1800 |
| 300 | | 100 | | 7,12 | 1800 |
| 400 | | 100 | | 7 | 1800 |
| 500 | | 100 | | 6,91 | 1800 |

Ensayo de coagulación final

| | Concentrado bruto (2 litros) | H ₃ PO ₄ dosificado al concentrado (100 µl) | |
|-----------|------------------------------|---|------|
| pH | 7,85 | 7,54 | |
| Mg (D) | 2,6 | 2,9 | mg/l |
| PO4-P (D) | 242 | 352 | mg/l |

| Adición de H ₃ PO ₄ acumulada | | H ₃ PO ₄ añadido | | pH | Vol. de concentrado |
|---|--|--|--|------|---------------------|
| µl | | µl | | | ml |
| 0 | | 0 | | 7,85 | 2000 |
| 50 | | 50 | | 7,6 | 2000 |
| 150 | | 100 | | 7,35 | 2000 |
| 200 | | 50 | | 7,2 | 2000 |
| 250 | | 50 | | 7,1 | 2000 |
| 300 | | 50 | | 7 | 2000 |

35 **[0024]** La figura 3 representa el aparato e ilustra un procedimiento 100 de acuerdo con una realización de ejemplo de la invención. El procedimiento 100 toma las aguas residuales recientes 102 o aguas residuales

recicladas 104 (opcional) y somete las aguas residuales a digestión 106 en un digestor. Después las aguas residuales digeridas van a una centrífuga y otro dispositivo de separación de sólido/líquido donde los sólidos se separan 107 por centrifugación u otro mecanismo. Los sólidos se pueden separar 108 de las aguas residuales en esta etapa. Las aguas residuales después se alimentan 109 a un tanque de clarificación/sedimentación o igualación/almacenamiento donde se dejan sedimentar 110, a partir del cual después se bombean 112 a un tanque de reacción del cual se puede recoger la estruvita 114. El efluente tratado después sale 116 del tanque de reacción.

[0025] En una o más etapas del procedimiento, se inyecta H_3PO_4 y/o CO_2 en el sistema, por ejemplo, en una o más de las etapas 120, 122, 124 y 126. Un dispositivo de control 130 puede controlar de forma continua el flujo de H_3PO_4 y/o CO_2 para alcanzar un nivel deseado de H_3PO_4 y/o CO_2 en respuesta a señales recibidas de una o más sondas 132.

[0026] Entre las ventajas de inyectar H_3PO_4 para reducir el pH en un sistema de tratamiento de aguas residuales para producir estruvita están que:

- 15 - solo se requieren cantidades pequeñas de H_3PO_4 , y el H_3PO_4 es barato
- la adición de H_3PO_4 , por supuesto añade fosfato que es un compuesto necesario en la producción de estruvita (se puede producir más estruvita en un reactor que todavía no está a su capacidad).
- 20 - la adición de H_3PO_4 en un reactor que todavía no está a su capacidad da como resultado la captura de más amoníaco, que casi siempre está en exceso en un sistema de tratamiento de aguas residuales, de modo que el efluente resultante está más limpio.
- se puede controlar la inyección de Mg en el reactor final basándose en parte en una cantidad de H_3PO_4 añadido corriente arriba. En algunas realizaciones se configura un controlador para controlar un mecanismo de medición para la adición de un material que contiene Mg a una velocidad determinada al menos en parte por una cantidad de
- 25 H_3PO_4 añadida corriente arriba. De hecho, se puede añadir suficiente Mg para precipitar todo el fosfato que entra en el reactor (el fosfato concentrado más cualquier fosfato añadido) - esto mantiene constante la eliminación de amoníaco.

[0027] Para tratar las variaciones localizadas en el pH, el objetivo es añadir suficiente H_3PO_4 para reducir el pH suficiente de modo que incluso con microfluctuaciones, el pH en la tubería es menor que el pH en la entrada de la tubería, previniendo la formación de estruvita e incrustaciones.

[0028] En una o más etapas del procedimiento, se inyecta H_3PO_4 en el sistema, por ejemplo, en una o más de las etapas 120, 122, 124 y 126.

[0029] De nuevo, el H_3PO_4 se puede añadir junto con inyección de CO_2 . Un dispositivo de control 130 puede controlar continuamente el flujo de CO_2 para alcanzar un nivel deseado de dióxido de carbono en respuesta a señales recibidas de una o más sondas 132. En algunas realizaciones, las cantidades relativas de CO_2 y H_3PO_4 añadidas se controlan basándose, al menos en parte, en una producción del reactor. Este control se puede proporcionar automáticamente y/o mediante ajuste humano. Si el reactor está a su capacidad, se puede aumentar la cantidad relativa de CO_2 inyectada para disminuir el pH. Si el reactor no está a su capacidad, se puede usar más H_3PO_4 para reducir el pH, proporcionando simultáneamente más fosfato para usar la capacidad no usada del reactor y aumentar el rendimiento de estruvita.

[0030] Un problema con los sistemas de tratamiento de aguas residuales usados para producir estruvita es que puede haber un porcentaje grande de pérdida de estruvita en forma de "finos", pequeños cristales de estruvita que se forman, pero son tan pequeños que son arrastrados con el efluente fuera del reactor. Es conveniente reducir la formación de incrustaciones corriente arriba sin crear una situación en la que se formen demasiados finos. En el reactor, el pH puede cambiar de una forma graduada y se cree que esto es beneficioso para reducir la formación de finos.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para tratar aguas residuales para producir estruvita, comprendiendo el procedimiento:
- 5 a. introducir aguas residuales en un sistema de tratamiento de aguas residuales;
b. después de introducir las aguas residuales en el sistema de tratamiento de aguas residuales, digerir las aguas residuales en un digestor (12);
c. desde el digestor (12), transferir las aguas residuales a un dispositivo de separación de sólido/líquido (16);
10 d. desde el dispositivo de separación de sólido/líquido (16), separar los sólidos de las aguas residuales y transferir las aguas residuales a un tanque de sedimentación (18);
e. desde el tanque de sedimentación (18) transferir las aguas residuales a un tanque del reactor de estruvita (22) para la formación de estruvita; y
f. separar un efluente del tanque del reactor de estruvita (22);
- 15 comprendiendo además el procedimiento
inyectar H_3PO_4 en el efluente del digestor (12) en uno o más puntos corriente arriba del reactor (22) durante las etapas c. a e., en una cantidad suficiente para disminuir el pH de las aguas residuales a un nivel en el que la estruvita es soluble.
- 20 2. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que el H_3PO_4 se inyecta en múltiples etapas.
3. Un procedimiento según la reivindicación 1 o 2, que además comprende la etapa de controlar la inyección del H_3PO_4 en las aguas residuales, en respuesta a una señal recibida de una sonda de pH en o cerca de
25 una entrada (24) del tanque del reactor de estruvita (22), para mantener un nivel predeterminado de H_3PO_4 en las aguas residuales, el nivel predeterminado en una cantidad suficiente para disminuir el pH de las aguas residuales a un nivel al que la estruvita es soluble.
4. Un procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, que comprende mantener el pH
30 de las aguas residuales en el tanque del reactor de estruvita (22) entre 7,0 y 8,5.
5. Un procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, que además comprende inyectar CO_2 en las aguas residuales corriente arriba del tanque del reactor de estruvita (22).
- 35 6. Un procedimiento según la reivindicación 5, que comprende inyectar el CO_2 en uno o más del digestor (12), el dispositivo de separación de sólido/líquido (16), el tanque de sedimentación (18) y un sistema de tuberías (14) del sistema de tratamiento.

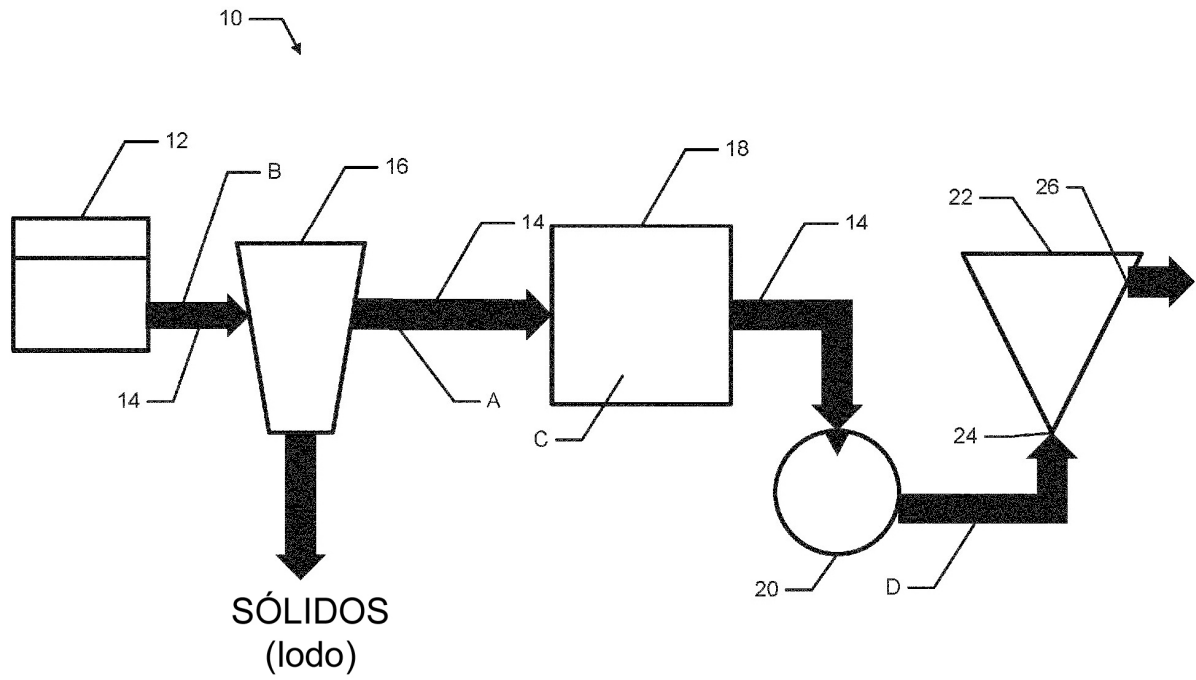


FIGURA 1

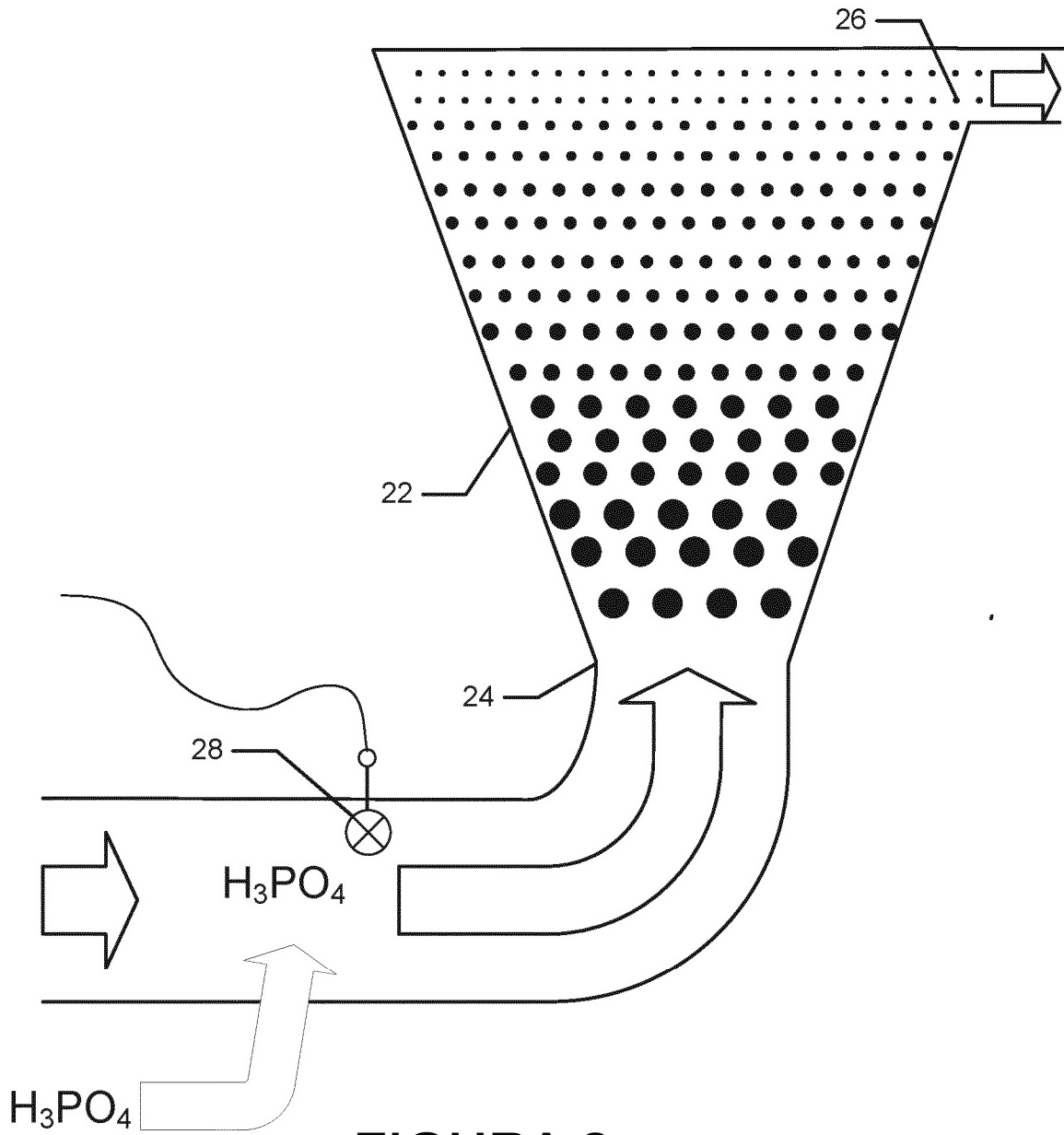


FIGURA 2

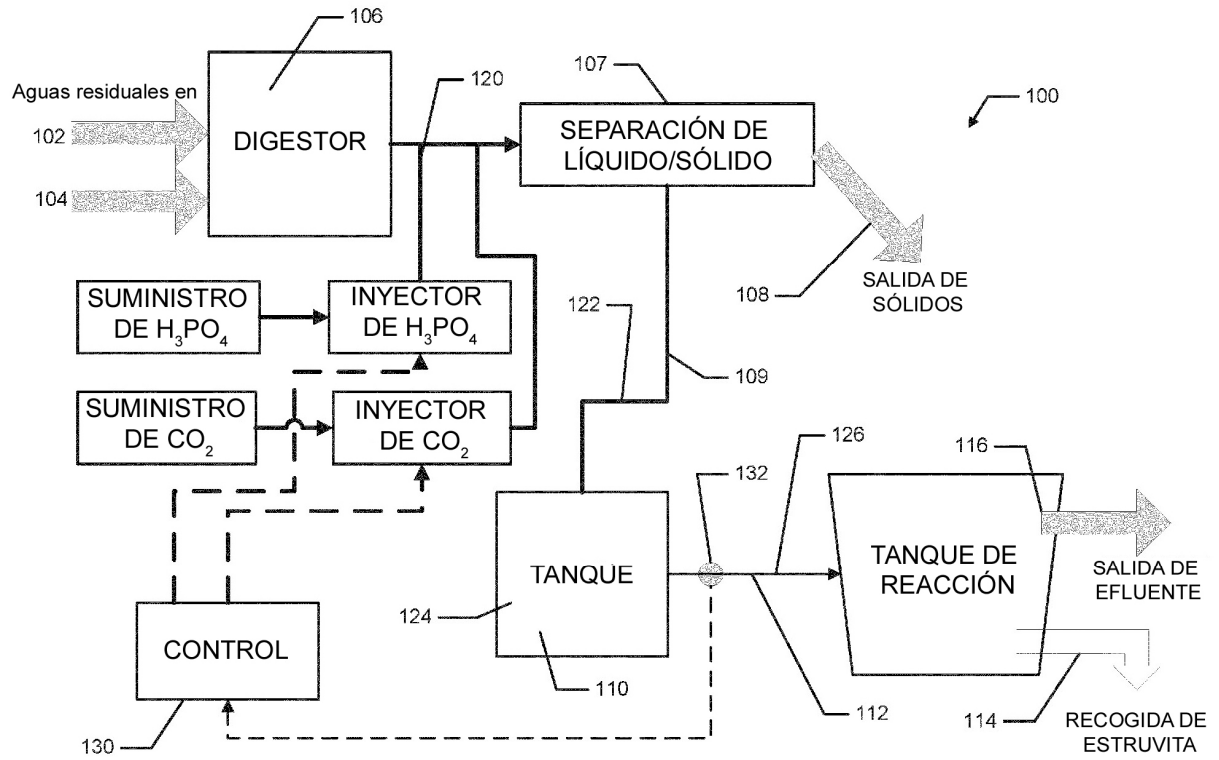


FIGURA 3