

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 430 165**

51 Int. Cl.:

B01D 61/16 (2006.01)

B01D 9/00 (2006.01)

C02F 1/52 (2006.01)

C02F 5/02 (2006.01)

C02F 5/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.10.2004 E 04775004 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.07.2013 EP 1670573**

54 Título: **Procedimiento para extraer, como mínimo, un constituyente de una solución**

30 Prioridad:

10.10.2003 EP 03078202

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

19.11.2013

73 Titular/es:

**NEDERLANDSE ORGANISATIE VOOR
TOEGEPAST-NATUURWETENSCHAPPELIJK
ONDERZOEK TNO (100.0%)
SCHOEMAKERSTRAAT 97
2628 VK DELFT, NL**

72 Inventor/es:

**VERDOES, DIRK;
VAN DER MEER, JOHANNES y
GOETHEER, EARL LAWRENCE VINCENT**

74 Agente/Representante:

DURÁN MOYA, Carlos

ES 2 430 165 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 extraer, como mínimo, un constituyente de una solución

5 La presente invención se refiere a un procedimiento para extraer, como mínimo, un constituyente de una solución, y a un procedimiento para preparar un material en partículas.

Es conocida la utilización de un reactor denominado de pélets para extraer, como mínimo, un constituyente de una solución. En este caso, la solución se inyecta en la parte más inferior de un recipiente cilíndrico de un reactor y, mediante el mantenimiento de un flujo adecuado de agua a través del recipiente del reactor, las partículas semilla se mantienen en un lecho fluidizado. El nivel más superior del lecho fluidizado se encuentra unos metros por debajo de la parte superior del recipiente del reactor. Cerca de la parte inferior del lecho fluidizado, se mezclan una o más sustancias químicas en la solución, dando lugar a una solución que se sobresatura con respecto a una sustancia, que, en parte, comprende el ion a extraer. El contraíón requerido está presente en la corriente añadida de la sustancia o sustancias químicas o se produce mediante la reacción de la corriente de desecho con la sustancia o sustancias químicas añadidas. La sustancia que comprende el ion a extraer y el contraíón cristalizan sobre la superficie de las partículas del material semilla, formándose pélets en el procedimiento. La intención es evitar el nacimiento de pequeñas partículas precipitadas en el volumen de la solución. Los aspectos importantes para realizar esto son la elección de un material semilla adecuado y el control de la sobresaturación mediante la dosificación de dicha sustancia o sustancias químicas. Las partículas del material semilla se deben mantener en un lecho fluidizado a efectos de evitar que se aglomeren cuando dicha sustancia cristaliza. La sobresaturación, que forma la fuerza impulsora para la cristalización, es máxima en la parte inferior del reactor y baja hasta cero en la parte superior del reactor. De este modo, los pélets en la parte inferior del reactor crecerán más rápidamente que los pélets en la parte superior del lecho fluidizado. Los pélets más pesados en la parte inferior del reactor permanecerán allí y, al alcanzar un cierto tamaño, se extraen de manera continua o periódica. Al mismo tiempo, se añade un número idéntico de partículas semilla frescas en la parte superior del lecho fluidizado a efectos de mantener constante la concentración del material semilla.

Los reactores de pélets se pueden utilizar, entre otros, para purificar aguas residuales, ablandar el agua, extraer iones de metales pesados, extraer fosfatos de aguas residuales e incluso la desnitrificación biológica con la ayuda de bacterias.

35 Cuando se ablanda el agua, se alimenta un líquido o suspensión básica (NaOH , Na_2CO_3 o $\text{Ca}(\text{OH})_2$) en la parte inferior del reactor, consiguiéndose un incremento de la concentración de CO_3^{2-} en la solución mezclada y la sobresaturación de CaCO_3 . Los iones de CO_3^{2-} provienen de los iones HCO_3^- en el agua o de la base (en caso de añadir Na_2CO_3). Asimismo, la extracción de mercurio, plomo, cobre, níquel, zinc, cadmio y otros metales pesados se puede llevar a cabo mediante la cristalización de sales metálicas, tales como, por ejemplo, carbonatos. Cuando se extraen fosfatos, el fosfato de calcio o la estruvita cristalizan sobre las partículas del material semilla.

40 Aunque los costes de inversión para un reactor de pélets son bajos, y a veces los granos obtenidos se pueden utilizar (por ejemplo, como aditivo en/para la alimentación de pollos o para neutralizar ácidos), también existen importantes desventajas asociadas con la extracción de un constituyente de una solución con la ayuda de un reactor de pélets. De este modo, el líquido tratado (por ejemplo, agua descalcificada) requiere un tratamiento secundario porque aún contiene partículas sólidas pequeñas. Este tratamiento secundario puede consistir, por ejemplo, en el paso del líquido tratado a través de un filtro de arena y antracita. Una causa de la presencia de las partículas pequeñas sueltas en el efluente es la erosión del material semilla y/o los pélets debido a la fuerte turbulencia, requerida para un mezclado óptimo, en el reactor de pélets. Otra causa es la formación de cristales pequeños (microcristales) sueltos y homogéneos de CaCO_3 debido a la sobresaturación elevada local en el volumen de la solución.

50 Una segunda desventaja de utilizar el reactor de pélets conocido es el hecho de que el área específica de los granos de semilla (que es el área para la cristalización) es baja, ya que los granos de semilla, a efectos de evitar que sean arrastrados, no deben ser demasiado pequeños (por ejemplo, tienen un diámetro de 0,6 mm, correspondiente a un área específica de 3,8 m^2 por kg).

55 La velocidad de cristalización depende, entre otros, del área de cristalización presente. Un área específica baja significa que debe añadirse una cantidad relativamente grande de material semilla y, por lo tanto también, que el reactor, a efectos de conseguir una cierta capacidad, debe tener un contenido relativamente grande.

60 A efectos de mantener el lecho fluidizado, se debe mantener una velocidad de flujo esencialmente constante, de manera que la flexibilidad con respecto a las fluctuaciones en la velocidad de flujo sea muy limitada, ya que esto conduciría directamente a la deposición o, según sea el caso, al arrastre de las partículas fluidizadas. Esto también significa que el tiempo de residencia en un reactor de pélets y, por tanto, el tiempo de reacción/cristalización, es una cantidad que prácticamente no puede variar.

65

5 A efectos de superar estas desventajas, se desarrolló el procedimiento tal como se da a conocer en el documento WO 94/11309. En este procedimiento se utiliza un material semilla que tiene un tamaño de partícula entre 0,1 y 50 μm , mediante lo cual se pasa la mezcla del líquido y el material semilla que tiene una sustancia cristalizada sobre el mismo a través de un filtro de membrana para la microfiltración, cuyo filtro tiene un tamaño de poro entre 30 nm y 25 μm , de manera que el líquido permea a través de la membrana y el material semilla no lo hace. En otras palabras, dicho procedimiento requiere que el tamaño de poro del filtro de membrana sea menor que el tamaño de partícula del material semilla para establecer una buena separación del material semilla.

10 Las partículas semilla muy pequeñas utilizadas, según este procedimiento, presentan un área específica elevada, de manera que la misma masa de semilla proporciona más área de cristalización. Además, las distancias de difusión son más cortas. Consecuentemente, la cristalización puede tener lugar mucho más rápidamente, como resultado de lo cual, el aparato puede ser mucho más pequeño (por ejemplo, en un factor de 10 o más). Para la misma área de cristalización, se requiere mucho menos material semilla (más de un orden de magnitud). Las semillas sobredesarrolladas formadas son más pequeñas y, como resultado, se pueden aplicar de más maneras, por ejemplo, como material de relleno. Las semillas sobredesarrolladas están mucho menos contaminadas con el material semilla. En el reactor de pélets convencional, del 15 al 30% de los pélets comprende material semilla, si se utiliza el procedimiento según la presente invención, este porcentaje es, por ejemplo, sólo del 0,2%.

20 Además, cuando se utiliza el procedimiento citado, ya no es necesario el tratamiento secundario del líquido en un filtro de antracita y arena o similar para extraer microcristales. En el caso del tratamiento del agua, la utilización de la membrana de microfiltración, según el documento WO 94/11309, también posibilita la extracción de virus y bacterias, como resultado de lo cual, además de ablandar o, según sea el caso, de extraer el metal, tiene lugar al mismo tiempo la desinfección.

25 Es posible un alcance más amplio para ajustar el tipo de material semilla al resultado deseado, en particular con respecto a la interacción mejorada con la sustancia a cristalizar.

30 Además, dado que no se utiliza un lecho fluidizado y, por tanto, no es necesario permitir un caudal mínimo y máximo para mantener un lecho fluidizado, el procedimiento, según el documento WO 94/11309, da a conocer una elección mucho más amplia con respecto al caudal del líquido y el tiempo de residencia (tiempo de reacción) a emplear. En general, un equipo más pequeño dará lugar a costes totales de inversión bajos.

35 Es evidente que el procedimiento del documento WO 94/11309 constituye una mejora considerable sobre los procedimientos conocidos en los que se utiliza un reactor de pélets. No obstante, en la práctica, se piensa que el procedimiento dado a conocer en el documento WO 94/11309 deja margen a una mejora.

40 De manera sorprendente, actualmente se ha descubierto que se puede dar a conocer un procedimiento mejorado en el que se utiliza un filtro que tiene un tamaño de poro que es superior o igual al tamaño de partícula del material semilla.

Por consiguiente, la presente invención se refiere a un procedimiento, según la reivindicación 1, para extraer, como mínimo, un constituyente de una solución, que comprende:

- 45 - formar una mezcla líquida mediante el contacto de dicha solución y un material semilla heterogéneo en partículas en presencia de una o más sustancias que provocan que cristalice el constituyente a extraer sobre la superficie del material semilla; y
- separar el material semilla que tiene el constituyente a extraer cristalizado sobre el mismo de la mezcla líquida mediante el paso de la mezcla líquida a través del filtro, en el que el tamaño de poro del filtro es superior al tamaño de partícula del material semilla.

50 Según la presente invención, se establece una extracción muy eficaz del constituyente de la mezcla líquida, mientras que, al mismo tiempo, es económicamente mucho más atractiva que el procedimiento conocido del documento WO 94/11309. El descubrimiento es muy sorprendente, ya que hasta ahora se creía que una extracción eficaz de constituyentes, por definición, requería que el tamaño de partícula del material semilla fuera superior que el tamaño de poro del filtro.

60 Según la presente invención, se puede establecer una separación sólido-líquido más sencilla y más rentable. De manera adicional, se puede utilizar un equipo más pequeño, y se pueden establecer rendimientos más elevados debido a la utilización de filtros que tienen tamaños de poro más grandes, teniendo éstos últimos la ventaja de que son más económicos que los filtros de membrana aplicados previamente.

De manera preferente, el tamaño de partícula del material semilla es de 0,1 a 50 μm y, de manera más preferente, de 5 a 25 μm .

El tamaño de poro del filtro a utilizar en el procedimiento, según la presente invención, puede ser de hasta 150 μm . De manera preferente, el tamaño de poro del filtro es de 5 a 100 μm y, de manera más preferente, de 15 a 75 μm . De manera adecuada, el filtro puede estar fabricado de tela o malla. Dichos filtros son mucho más económicos que los filtros de membrana, tales como, por ejemplo, los utilizados en el procedimiento del documento WO 94/11309.

5 Según la presente invención, se pueden aplicar condiciones o pueden estar presentes una o más sustancias que provocan que cristalice el constituyente a extraer sobre la superficie del material semilla. La cristalización se puede establecer, por ejemplo, mediante el enfriamiento de la mezcla líquida hasta una temperatura en el intervalo de -50 a 200°C, de manera preferente de -20 a 80°C. De manera alternativa, se puede provocar la cristalización al permitir la evaporación de la mezcla líquida. Ésta se puede establecer de manera adecuada mediante el calentamiento de la mezcla líquida a una temperatura de -50 a 200°C, de manera preferente de 0 a 100°C.

De manera preferente, la cristalización se establece mediante una o más sustancias presentes en la mezcla líquida. Entre los ejemplos adecuados de dichas sustancias se incluyen NaOH, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ y Na_2S .

15 El material semilla puede comprender, en principio, cualquier tipo de material que permita que el constituyente se extraiga para cristalizar en su superficie. Se pueden utilizar uno o más tipos de material semilla. De manera preferente, se utiliza un tipo particular de material semilla. Estos materiales semilla pueden ser materiales inorgánicos, tales como del tipo de arcilla mineral, tal como bentonita, partículas de sílice, silicatos y diatomeas. Entre los ejemplos de materiales semilla orgánicos que se pueden utilizar de manera adecuada en el procedimiento de la presente invención se incluyen celulosa, estearato, lactosa, almidón, maltodextrina, goma guar, goma xantana, hidroxipropil celulosa, celulosa microcristalina, celulosa silicificada, croscarmelosa sódica. Entre los materiales semilla orgánicos preferentes se incluyen celulosa, estearato, lactosa.

25 El procedimiento, según la presente invención, se puede utilizar de manera adecuada para preparar partículas con una morfología, distribución de tamaños y polimorfología distintas.

De manera preferente, la solución a aplicar en el presente procedimiento es agua o una solución acuosa.

30 El procedimiento, según la presente invención, se puede utilizar de manera adecuada para ablandar el agua. En dicho procedimiento para ablandar el agua, el pH de la solución se incrementa para provocar la precipitación del CaCO_3 sobre el material semilla. El agua a ablandar puede ser agua potable o aguas residuales de la industria, por ejemplo, aguas residuales de la industria del papel y el cartón.

35 El procedimiento, según la presente invención, también se puede utilizar de manera adecuada para extraer iones de metales pesados de la solución. En dicho procedimiento, la correspondiente sal o hidróxido de metal pesado se cristaliza sobre la superficie del material semilla. Dicha sal metálica podría ser carbonato, sulfuro, fosfato, sulfato, fluoruro, cromato, hidroxicarbonato y similares.

40 En todavía otra realización de la presente invención, el procedimiento se utiliza para extraer aniones de la solución, mediante lo cual se cristaliza una sal de los aniones en la superficie del material semilla. Dichos aniones podrían ser, por ejemplo, fluoruros, fosfatos y sulfatos. Según dichos procedimientos, los fluoruros, por ejemplo, se pueden recuperar de las aguas residuales que se producen en la industria electrónica.

45 La presente invención también se refiere a un procedimiento para preparar un material en partículas, en el que se utiliza el procedimiento, según la presente invención, tal como se ha descrito anteriormente en el presente documento. Por consiguiente, la presente invención también da a conocer un procedimiento para preparar un material en partículas que comprende un material semilla en partículas y, como mínimo, un constituyente que cristaliza sobre la superficie del material semilla, cuyo procedimiento comprende las etapas de:

- 50 - formar una mezcla líquida mediante el contacto de una solución que contiene, como mínimo, un constituyente y un material semilla heterogéneo en presencia de una o más sustancias que provocan que cristalice el constituyente a extraer sobre la superficie del material semilla; y
- 55 - separar el material en partículas de la mezcla líquida mediante el paso de la mezcla líquida a través de un filtro, en el que el tamaño de poro del filtro es superior al tamaño de partícula del material semilla.

Dicho material en partículas presenta propiedades morfológicas únicas. No solamente se puede modular la distribución del tamaño de partículas (por ejemplo, partículas grandes en lugar de partículas pequeñas que se forman normalmente), sino que también se puede controlar la forma del material precipitado (por ejemplo, partículas esféricas en lugar de partículas alargadas) mediante la adición de material semilla heterogéneo. Por lo tanto, también se da a conocer un material en partículas que se puede obtener mediante dicho procedimiento. En una realización preferente, dicho material en partículas comprende sólo un polimorfo. De este modo, se pueden preparar materiales en partículas que se pueden utilizar de manera adecuada, por ejemplo, en la preparación de compuestos farmacéuticos.

El procedimiento, según la presente invención, se puede llevar a cabo en un equipo de cristalización convencional, tal como, por ejemplo, un reactor tanque de agitación continua. De manera alternativa, el procedimiento se puede llevar a cabo en un tubo que está dispuesto con un mezclador estático.

5 Una ventaja adicional de la presente invención es que el reactor de cristalización a utilizar se puede integrar con la separación sólido-líquido, permitiendo una reducción adicional en el tamaño del equipo a utilizar.

En las figuras 1 y 2 se ha mostrado de manera esquemática el equipo en el que se puede llevar a cabo el procedimiento de la presente invención.

10 La figura 1 muestra un esquema del procedimiento para ablandar agua con material semilla y un filtro, según la presente invención.

La figura 2 muestra un esquema del procedimiento para ablandar agua en el que el reactor de cristalización está integrado con la separación sólido-líquido.

15 La configuración representada en la figura 1 comprende una parte de cristalización y una parte de filtración. La configuración se puede expandir con una unidad de selección de precipitado. La parte de cristalización comprende un reactor tanque de agitación continua -2-, varias bombas y dos reservorios para, de manera respectiva, la corriente que contiene el constituyente a extraer -1- y las sustancias a añadir a esta corriente -6-, -7-, que provocan que cristalice el constituyente a extraer sobre el material semilla. En la parte de filtración, se realiza una separación sólido/líquido mediante la utilización de un filtro -3-. El permeado comprende una solución sin partículas sólidas y con una concentración mucho menor del constituyente que se extrae mediante cristalización -5-.

20 Las partículas sólidas se pueden extraer de forma continua o discontinua de la unidad de filtración. Las partículas sólidas se pueden extraer como una pasta o como una torta seca del filtrado. Las partículas sólidas se pueden reutilizar como material semilla para inducir la cristalización del constituyente. Por ejemplo, en un hidrociclón -4- se puede realizar una selección en las partículas sólidas que son deseables para reutilizar como material semilla, y en partículas sólidas que no son deseables para reutilizar en este procedimiento -8-.

30 La configuración representada en la figura 2 muestra la integración de la parte de cristalización con la parte de filtración. La fase líquida con el constituyente -2-, que debe extraerse, se mezcla con intensidad con sustancias -1-, que provocan que cristalice el constituyente a extraer sobre el material semilla. Esta mezcla se puede realizar mediante la utilización, por ejemplo, de un mezclador estático -3-. Esta solución mezclada se bombea de forma directa en una unidad de filtración -4-. El permeado -5- comprende una solución sin partículas sólidas y con una concentración mucho menor del constituyente que se extrae mediante cristalización. Las partículas se extraen de manera periódica del filtro. Mediante gravitación se deja que se depositen en la parte inferior del filtro las partículas extraídas y desde ahí se bombean hacia el mezclador estático como material semilla para la cristalización del constituyente que debe extraerse. En el caso de que las partículas formadas sean demasiado grandes, éstas se extraen del procedimiento y se añade nuevo material semilla al procedimiento.

40

Ejemplos

Ejemplo 1:

45 En este ejemplo se ablandó agua subterránea utilizando la tecnología de cristalización asistida con filtración. La configuración se representa en la figura 3. El material semilla utilizado comprendía partículas de silicato de calcio que tenían un diámetro promedio de 15 μm . El tamaño del cristizador fue de 160 l. El pH en el cristizador se ajustó a un pH de 8,6 mediante la utilización de una solución de sosa cáustica (1 M). También se bombeó el material semilla como una pasta en el cristizador (1 gramo de material semilla por litro de agua dura). Desde el cristizador se bombea el agua ahora ablandada con el carbonato de calcio cristalizado sobre el material semilla con un flujo constante (800 l/hora) a un filtro de tubos de pulsos (el tamaño promedio de poro del filtro de tela fue de 60 μm). En este caso, se obtuvo un flujo constante de filtración de 4 m^3 por m^2 de área superficial del filtro por hora. Después de 4 horas, se detuvo la filtración y se extrajo la torta del filtro como una pasta. La torta extraída se utilizó en el siguiente ciclo como material semilla. Las condiciones del segundo ciclo fueron idénticas a las condiciones en el primer ciclo.

50 Después del segundo ciclo, la torta del filtro se utilizó de nuevo después de la extracción del aparato de filtración como material semilla para el tercer ciclo. En total, se realizaron 10 ciclos con el reciclado del material semilla. En la tabla 1 se proporciona un resumen de los resultados analíticos del influente y efluente para el primer y el último ciclo.

55

Ejemplo 2:

60 En este ejemplo se ablandó un agua residual de la industria del papel y la pulpa utilizando la tecnología de cristalización asistida con filtración. La configuración se representa en la figura 3. El material semilla utilizado comprendía partículas de silicato de calcio que tenían un diámetro promedio de 15 μm . El tamaño del cristizador fue de 160 l. El pH en el cristizador se ajustó a un pH de 8,3 mediante la utilización de una solución de sosa cáustica (5 M). También se bombeó el material semilla como una pasta en el cristizador (1 gramo de material semilla por litro de agua dura). Desde el cristizador se bombea el agua ahora ablandada con el carbonato de calcio

65

5 cristalizado sobre el material semilla con un flujo constante (800 l/hora) a un filtro de tubos de pulsos (el tamaño promedio de poro del filtro de tela fue de 60 μm). En este caso, se obtuvo un flujo constante de filtración de 4 m^3 por m^2 de área superficial del filtro por hora. Después de 4 horas, se detuvo la filtración y se extrajo la torta del filtro como una pasta. La torta extraída se utilizó en el siguiente ciclo como material semilla. Las condiciones del segundo ciclo fueron idénticas a las condiciones en el primer ciclo. Después del segundo ciclo, la torta del filtro se utilizó de nuevo después de la extracción del aparato de filtración como material semilla para el tercer ciclo. En total, se realizaron 6 ciclos con el reciclado del material semilla. En la tabla 2 se proporciona un resumen de los resultados analíticos del influente y efluente para el primer y el último ciclo.

10 Ejemplo 3:

15 En este ejemplo se ablandó un agua residual de la industria del papel y la pulpa y se filtró con un filtro de malla de alambre. La configuración se representa en la figura 3. El material semilla utilizado comprendía partículas de silicato de calcio que tenían un diámetro promedio de 15 μm . El tamaño del cristalizador fue de 160 l. El pH en el cristalizador se ajustó a un pH de 8,3 mediante la utilización de una solución de sosa cáustica (5 M). También se bombeó el material semilla como una pasta en el cristalizador (1 gramo de material semilla por litro de agua dura). Desde el cristalizador se bombea el agua ahora ablandada con el carbonato de calcio cristalizado sobre el material semilla con un flujo constante (400 l/hora) a un filtro (el tamaño promedio de poro del filtro de tela fue de 60 μm). En este caso, se obtuvo un flujo constante de filtración de 2,5 m^3 por m^2 de área superficial del filtro por hora. Después de 3 horas, se detuvo la filtración y se extrajo la torta del filtro como una pasta. La torta extraída se utilizó en el siguiente ciclo como material semilla. Las condiciones del segundo ciclo fueron idénticas a las condiciones en el primer ciclo. Después del segundo ciclo, la torta del filtro se utilizó de nuevo después de la extracción del aparato de filtración como material semilla para el tercer ciclo, y así sucesivamente. En total, se realizaron 6 ciclos con el reciclado del material semilla. En la tabla 3 se proporciona un resumen de los resultados analíticos del influente y efluente para el primer y el último ciclo.

Tabla 1: Ablandamiento de agua subterránea

		Influente	Efluente (1 ^{er} ciclo)	Efluente (10 ^o ciclo)
Calcio	mg/ml	140	19	16
Magnesio	mg/ml	12	11	11
Dureza total	mmol/l	4	0,94	0,83

30 Tabla 2: Composición de las aguas residuales de la industria del papel y la pulpa antes y después de ablandamiento del agua

		Influente (1 ^{er} ciclo)	Efluente (1 ^{er} ciclo)	Influente (6 ^o ciclo)	Efluente (6 ^o ciclo)
CZV	mg/ml	93	69	93	80
BZV	mg/ml	4	2	4	1
Kj-N	mg/ml	4,1	4,2	3,6	2,9
P-PO4	mg/ml	0,6	0,16	1,01	0,2
Sulfato	mg/ml	130	129	133	136
Cloruro	mg/ml	122	119	120	120
Nitrato	mg/ml	0	0	0	0
Sodio	mg/ml	148,4	308,9	138,4	312
Potasio	mg/ml	16,5	17,1	16	17,4
Magnesio	mg/ml	16,4	12	15,3	10,5
Calcio	mg/ml	390,5	85,5	373,2	36,3
Zinc	$\mu\text{g/ml}$	17,2	20,2	14,7	17,2
Níquel	$\mu\text{g/ml}$	ND	ND	7,4	7,2

ND: no determinado

Tabla 3: Composición de las aguas residuales de la industria del papel y la pulpa antes y después de ablandamiento del agua

	Na (mg/l)	K (mg/l)	Mg (mg/l)	Ca (mg/l)
Influente	115,8	33,6	15,0	352,3
Ciclo 1	238	18,5	9,5	67,6
Ciclo 3	237,7	16,8	6,8	45,5
Ciclo 6	254,5	19,3	9,8	88,6

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para extraer, como mínimo, un constituyente de una solución, que comprende:
- 5 - formar una mezcla líquida mediante el contacto de dicha solución y un material semilla heterogéneo en partículas en presencia de una o más sustancias que provocan que cristalice el constituyente a extraer sobre la superficie del material semilla; y
- separar el material semilla que tiene el constituyente a extraer cristalizado sobre el mismo de la mezcla líquida mediante el paso de la mezcla líquida a través del filtro, en el que el tamaño de poro del filtro es superior al tamaño
10 de partícula del material semilla.
2. Procedimiento, según la reivindicación 1, en el que el tamaño de partícula del material semilla es de 0,1 a 50 µm.
3. Procedimiento, según la reivindicación 1 ó 2, en el que el tamaño de poro del filtro es igual o inferior a 150 µm.
- 15 4. Procedimiento, según cualquiera de las reivindicaciones 1-3, en el que el tamaño de partícula del material semilla es de 5 a 25 µm.
5. Procedimiento, según cualquiera de las reivindicaciones 1-4, en el que una o más sustancias provocan que cristalice el constituyente a extraer sobre la superficie del material semilla.
- 20 6. Procedimiento, según cualquiera de las reivindicaciones 1-5, en el que el material semilla comprende un material inorgánico seleccionado del grupo que comprende tipos de arcilla mineral, partículas de sílice, silicatos o diatomeas.
7. Procedimiento, según cualquiera de las reivindicaciones 1-5, en el que el material semilla comprende un material orgánico seleccionado del grupo que comprende celulosa, estearato y lactosa.
8. Procedimiento, según cualquiera de las reivindicaciones 1-7, en el que la solución es agua o una solución acuosa.
- 30 9. Procedimiento según la reivindicación 8, cuyo procedimiento se utiliza para ablandar agua y en el que el pH de la solución se incrementa para provocar que el CaCO₃ precipite sobre el material semilla.
10. Procedimiento, según cualquiera de las reivindicaciones 1-8, cuyo procedimiento se utiliza para extraer iones de metales pesados de la solución mediante la cristalización de la sal metálica o el hidróxido metálico sobre la
35 superficie del material semilla.
11. Procedimiento, según cualquiera de las reivindicaciones 1-8, cuyo procedimiento se utiliza para extraer aniones de la solución mediante la cristalización de una sal de los aniones sobre la superficie del material semilla.
- 40 12. Procedimiento para preparar un material en partículas, en el que se utiliza un procedimiento, según cualquiera de las reivindicaciones 1-11, y en el que el material en partículas comprende el material semilla en partículas y el constituyente que ha cristalizado sobre la superficie del material semilla.

Figura 1

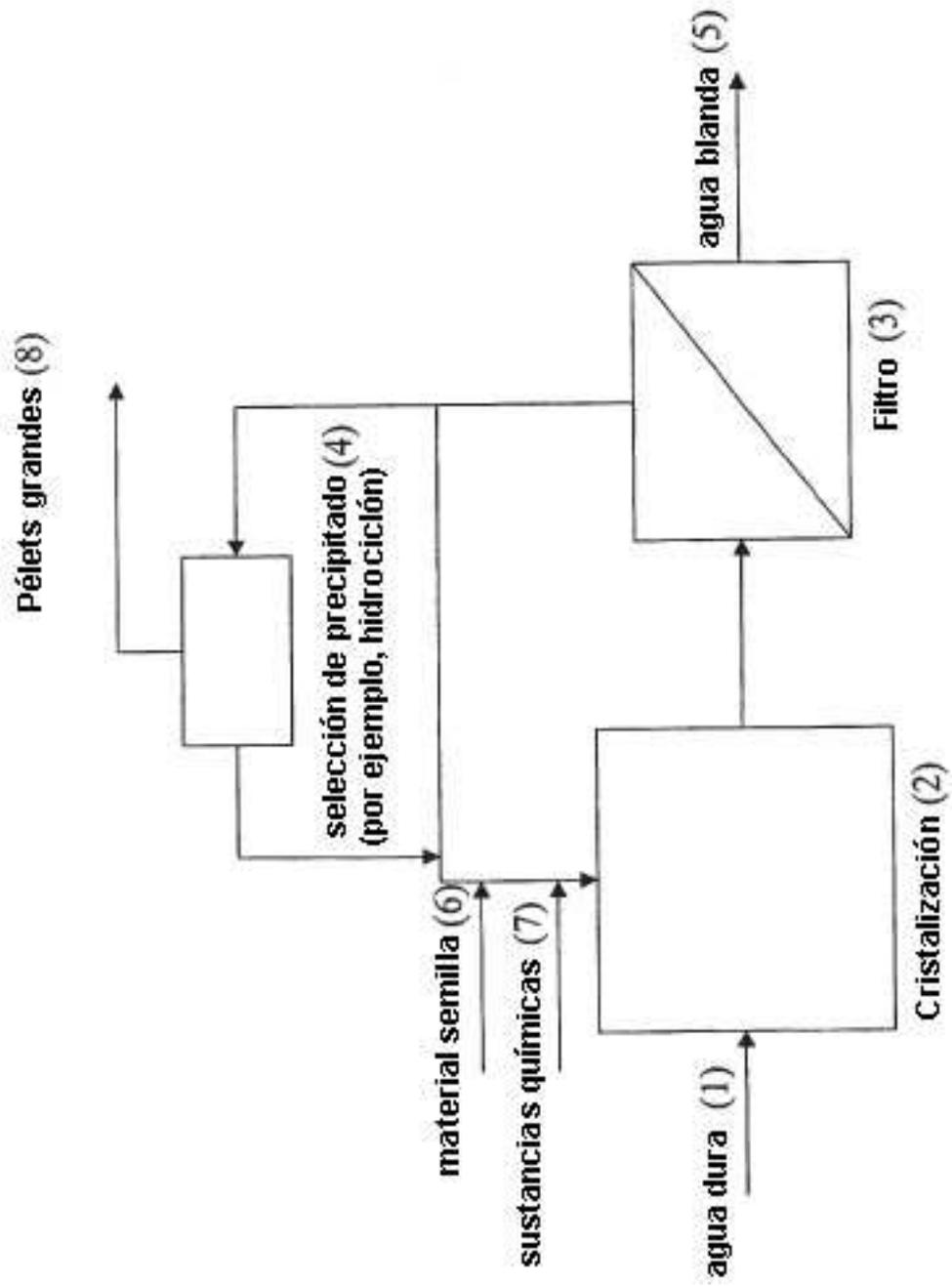
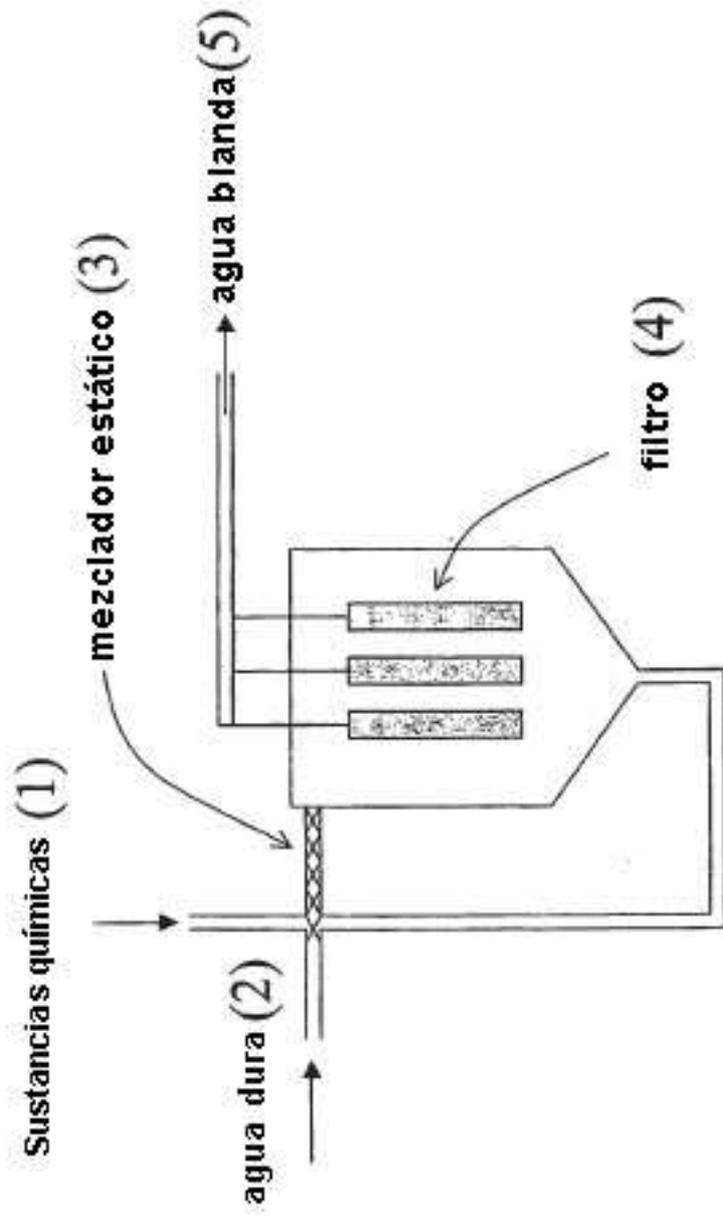


Figura 2



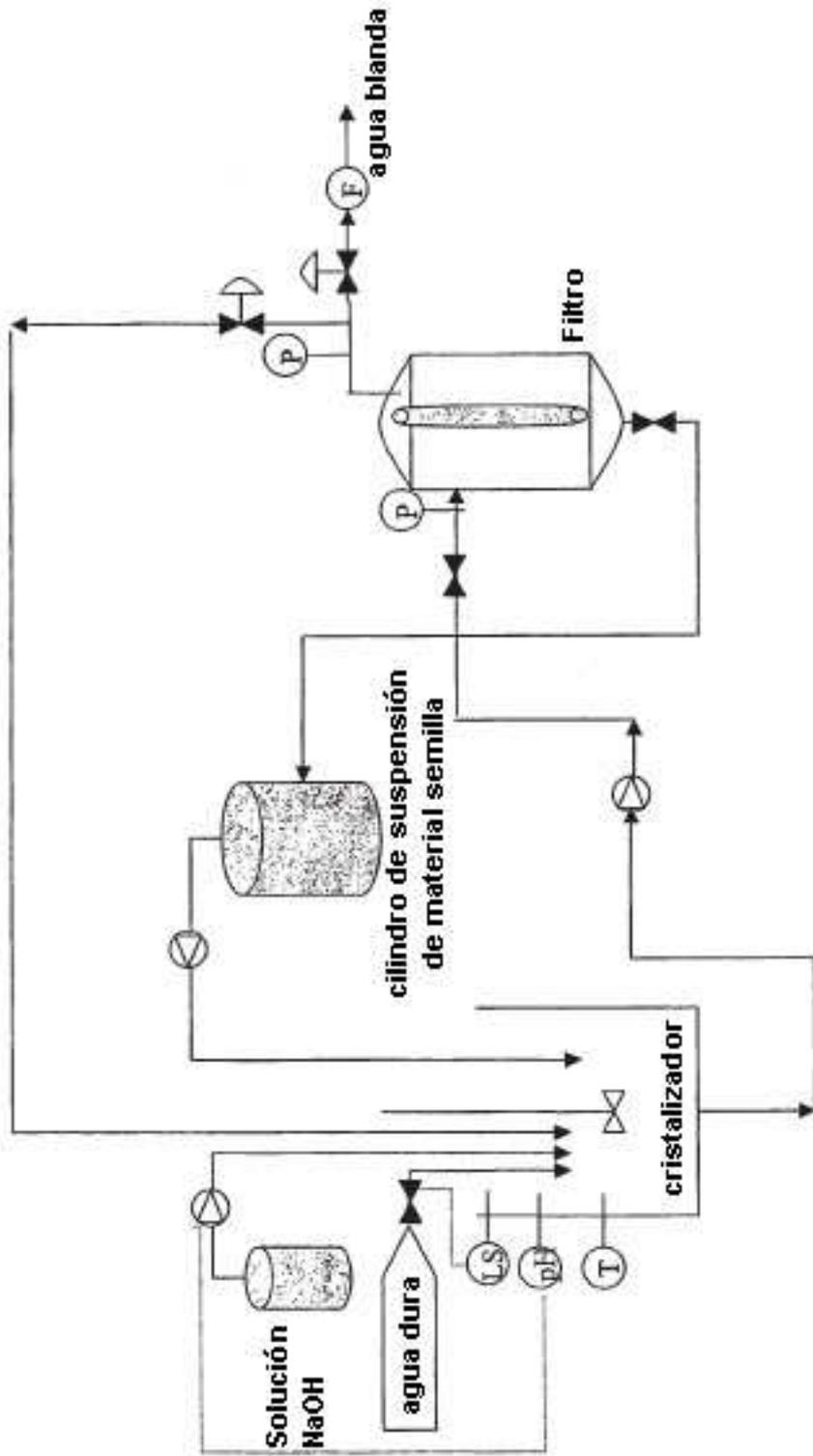


Figura 3