

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 667 064**

51 Int. Cl.:

C02F 9/00 (2006.01)

C02F 1/04 (2006.01)

C02F 1/28 (2006.01)

C02F 1/42 (2006.01)

C02F 1/44 (2006.01)

C02F 1/52 (2006.01)

C02F 1/56 (2006.01)

C02F 1/72 (2006.01)

C02F 3/12 (2006.01)

C02F 103/38 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **28.10.2011 PCT/EP2011/069005**

87 Fecha y número de publicación internacional: **10.05.2012 WO12059430**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.10.2011 E 11778852 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.01.2018 EP 2635535**

54 Título: **Proceso para tratar aguas residuales generadas a partir de la preparación de un polímero halogenado**

30 Prioridad:
04.11.2010 FR 1059081

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
09.05.2018

73 Titular/es:
**SOLVAY SA (100.0%)
Rue du Prince Albert, 33
1050 Brussels, BE**

72 Inventor/es:
**KEUSCH, ROLAND;
VAN WEYNBERGH, JACQUES y
DOMPAS, DIRK HUGO, JOZEF**

74 Agente/Representante:
LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 667 064 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

Proceso para tratar aguas residuales generadas a partir de la preparación de un polímero halogenado

5 La presente invención se refiere a un proceso para tratar aguas residuales generadas a partir de la preparación de un polímero halogenado.

Existe constancia de cómo sintetizar ciertos polímeros, especialmente una serie de polímeros halogenados, en particular polímeros de cloruro de vinilo, en un medio acuoso.

10 De este modo, por ejemplo, la polimerización del cloruro de vinilo se puede llevar a cabo en un modo discontinuo de acuerdo con un proceso que se dice que se encuentra «en suspensión», en un autoclave que contiene, en particular:

- agua;
- el monómero cloruro de vinilo (VC);
- 15 - un iniciador que es soluble en el monómero (normalmente un peróxido orgánico);
- un coloide protector (alcoholes polivinílicos; derivados de celulosa, etc.).

La suspensión acuosa de partículas de poli(cloruro de vinilo) (PVC) obtenida, a la que se hace referencia habitualmente como una «suspensión densa», se desgasifica a continuación normalmente sometiéndola a un tratamiento con un flujo de vapor a contracorriente en una columna «de extracción» con el fin de eliminar la mayor parte del VC residual. A continuación, esta suspensión se transporta a grandes tanques dotados de un sistema de agitación, después se transfiere a secadoras centrífugas o filtros que permiten eliminar una cantidad sustancial de las aguas madres y obtener una «masa húmeda» polimérica que por lo general aún contiene alrededor de un 20% en peso de agua. Esta masa húmeda se seca, normalmente en secadoras de lecho fluido.

25 La preparación de estos polímeros halogenados, en particular polímeros de cloruro de vinilo, en un medio acuoso implica, por consiguiente, el uso de grandes cantidades de agua. Por lo tanto, en el caso mencionado anteriormente, la polimerización de VC de acuerdo con el proceso en suspensión genera 5 toneladas de agua contaminada (a la que también se hace referencia más adelante en la presente como «aguas residuales») por tonelada de PVC producido (remítase a Quan Wang *et al.* en Juluyixi, 12, páginas 43-45 (2007)) (DOI : 1009 - 7937 (2007) 12 - 0043 - 03). Además, la producción de una tonelada de PVC requiere de 2300 a 3000 litros de agua, que además debe ser particularmente pura, como medio de suspensión para la polimerización en sí.

35 Es más, las aguas madre generadas mediante la filtración o centrifugación de la suspensión acuosa de partículas poliméricas contienen múltiples impurezas, que incluyen en particular:

- el polímero en sí, en forma de partículas muy finas que no se pudieron separar de la suspensión acuosa;
- el inhibidor añadido al final de la polimerización, el cual puede ser una base tal como amoniaco acuoso;
- los residuos del coloide protector;
- los residuos del iniciador;
- 40 - sales disueltas;
- etc.

Por consiguiente, la presencia de estos contaminantes hace que sea obligatorio realizar un tratamiento de purificación de las aguas residuales antes de verterlas en el entorno. Este tratamiento es normalmente un tratamiento fisicoquímico (PCT, por sus siglas en inglés).

50 A pesar de ello, el vertido de las aguas residuales purificadas de este modo sigue siendo prácticamente inevitable ya que, independientemente de la eficacia del PCT, estas aguas residuales no se pueden reutilizar, por ejemplo, como medio acuoso para la síntesis de polímeros halogenados, en particular polímeros de cloruro de vinilo, especialmente porque no son, a pesar de todo, lo suficientemente puras y porque las micropartículas poliméricas que contienen, al funcionar como núcleos de polimerización en el medio acuoso, serían perjudiciales para la calidad de un polímero que se podría sintetizar posteriormente en ellas.

55 Con el fin de intentar resolver estos problemas, recientemente se ha propuesto (remítase al documento US 2008/0146753-A1) reducir la cantidad de agua fresca totalmente desmineralizada necesaria para la polimerización de monómeros de vinilo en un medio acuoso y reducir la cantidad de aguas residuales que se han de verter en el entorno purificando la mezcla de reacción, a partir de la cual se separa el polímero, mediante (micro) filtración y reciclándola en la polimerización.

60 Aunque esta propuesta permite que las aguas madre se purifiquen lo suficiente como para reciclarlas en la polimerización, no resuelve el problema de reutilizar el agua purificada que sale del PCT.

65 Una técnica para purificar las aguas residuales generadas mediante la polimerización en suspensión de VC, descrita en Huaxue Yu Shengwu Gongcheng (*Chemistry & Bioengineering*), 2005, N.º 9, páginas 43-44 y 53 (DOI : 1672 - 5425 (2005) 09 - 0043 - 02), menciona el reemplazo del tanque de sedimentación secundario (clarificador) de un proceso biológico de purificación que utiliza un lodo activado por la combinación de un biorreactor y de un proceso

de filtración de membrana que evita el uso de un proceso fisicoquímico tal como la sedimentación por coagulación con un efecto no satisfactorio. Aunque se indica que el agua purificada se puede reutilizar o verter directamente en el entorno, este tratamiento lento parece inadecuado para ser trasladado a un entorno industrial teniendo en cuenta su duración (el ensayo piloto descrito se llevó a cabo durante 60 días) y no se ha establecido si la pureza del agua obtenida es suficiente para permitir que sea reutilizada para la polimerización.

El documento CN101343132 describe un método para la preparación de cloruro de polivinilo y para tratar las aguas residuales originadas a partir de este. El tratamiento de múltiples pasos incluye un paso de floculación, un tratamiento con un filtro biológico aireado y a continuación ultrafiltración.

La presente invención tiene como objetivo resolver estos problemas proporcionando un proceso que permita reducir considerablemente el consumo de agua fresca necesaria para la preparación de polímeros halogenados, en particular polímeros de cloruro de vinilo, sometiendo las aguas residuales generadas mediante su preparación en un medio acuoso a un tratamiento completo de purificación que sea lo suficientemente eficaz como para permitir su reutilización, en particular en la polimerización, pero que implique los menos pasos posibles y, como consecuencia, que sea lo más económico posible.

A estos efectos, la invención se refiere a un proceso para tratar aguas residuales originadas a partir de la preparación de un polímero halogenado, según se define en la reivindicación 1.

Se sobreentiende que la expresión «polímero halogenado» (que también se denomina de forma más simple «polímero» en la presente descripción) denota tanto homopolímeros como copolímeros derivados de monómeros halogenados. Entre estos, se pueden mencionar en particular homopolímeros de monómeros halogenados tales como cloruro de vinilo y cloruro de vinilideno; fluoruro de vinilo y fluoruro de vinilideno; trifluoroetileno, tetrafluoroetileno, clorotrifluoroetileno y hexafluoropropileno; fluoroacrilatos; éteres vinílicos fluorados, por ejemplo, éteres vinílicos perfluorados portadores de grupos perfluoroalquilo que contienen de 1 a 6 átomos de carbono. También se pueden mencionar los copolímeros que estos monómeros halogenados forman entre sí y los copolímeros de uno o más de estos monómeros halogenados con otro monómero etilénicamente insaturado tales como olefinas, por ejemplo, etileno, propileno; estireno y derivados de estireno; olefinas halogenadas; éteres vinílicos; ésteres vinílicos tales como, por ejemplo, acetato de vinilo; amidas, nitrilos, ésteres y ácidos acrílicos, y amidas, nitrilos, ésteres y ácidos metacrílicos.

Preferentemente, el polímero halogenado es un polímero que contiene cloro.

Se sobreentiende que la expresión «polímero que contiene cloro» se refiere tanto a homopolímeros como a copolímeros de monómeros que contienen cloro. Entre estos, se pueden mencionar en particular homopolímeros de monómeros clorados tales como cloroolefinas, por ejemplo, cloruro de vinilo y cloruro de vinilideno; cloroacrilatos y éteres vinílicos clorados, por ejemplo, éteres vinílicos perclorados portadores de grupos percloroalquilo que contienen de 1 a 6 átomos de carbono. También se pueden mencionar los copolímeros que estos monómeros que contienen cloro forman entre sí tales como, por ejemplo, copolímeros de cloruro de vinilideno con otro monómero clorado según se ha definido anteriormente, y copolímeros de uno o más de los monómeros que contienen cloro mencionados anteriormente con otro monómero etilénicamente insaturado tales como olefinas, por ejemplo, etileno, propileno; estireno y derivados de estireno; olefinas halogenadas; éteres vinílicos; ésteres vinílicos tales como, por ejemplo, acetato de vinilo; amidas, nitrilos, ésteres y ácidos acrílicos, y amidas, nitrilos, ésteres y ácidos metacrílicos.

En particular, preferentemente, el polímero halogenado es un polímero de cloruro de vinilo.

Se sobreentiende que la expresión «polímero de cloruro de vinilo» se refiere tanto a homopolímeros de cloruro de vinilo (entonces, el cloruro de vinilo es el único monómero) como a sus copolímeros (entonces uno o más monómeros diferentes se polimerizan con el cloruro de vinilo) con otros monómeros etilénicamente insaturados, tanto si estos están halogenados (cloroolefinas, por ejemplo, cloruro de vinilideno; cloroacrilatos; éteres vinílicos clorados tales como, por ejemplo, éteres vinílicos perclorados portadores de grupos percloroalquilo que contienen de 1 a 6 átomos de carbono) como no halogenados (olefinas tales como, por ejemplo, etileno, propileno; estireno y derivados de estireno, éteres vinílicos; ésteres vinílicos tales como, por ejemplo, acetato de vinilo; amidas, nitrilos, ésteres y ácidos acrílicos; amidas, nitrilos, ésteres y ácidos metacrílicos). Se prefieren particularmente homopolímeros de cloruro de vinilo y copolímeros de cloruro de vinilo con un comonómero halogenado o no halogenado que contienen de forma favorable al menos un 50%, preferentemente al menos un 60%, en particular preferentemente al menos un 70% y muy en particular preferentemente al menos un 85% en peso de unidades monoméricas derivadas del cloruro de vinilo. Se prefieren muy particularmente homopolímeros de cloruro de vinilo y copolímeros de cloruro de vinilo con acetato de vinilo. Se prefieren realmente de forma muy particular homopolímeros de cloruro de vinilo.

En la presente descripción, los términos «monómero» y «polímero» se utilizan en singular y en plural de forma indiscriminada.

El paso de polimerización incluido en la preparación del polímero halogenado, en particular el polímero de cloruro de vinilo, a partir del cual se originan las aguas residuales tratadas de acuerdo con el proceso de la invención, se lleva a cabo en un medio acuoso.

5 En la presente descripción, se sobreentiende que el término «medio» se refiere al contenido del reactor de polimerización con la excepción del monómero introducido y el polímero formado.

Se sobreentiende que la expresión «un paso de polimerización ... que se lleva a cabo en un medio acuoso) se refiere, en la presente descripción, a cualquier polimerización que se lleva a cabo en una dispersión acuosa, es decir, tanto una polimerización que se lleva a cabo en una suspensión acuosa como una polimerización que se lleva a cabo en una emulsión acuosa o una polimerización que se lleva a cabo en una microsuspensión acuosa. Estas polimerizaciones en una dispersión acuosa tienen lugar favorablemente de acuerdo con un mecanismo radicalario.

15 Se sobreentiende que la expresión «polimerización en una suspensión acuosa» se refiere a cualquier proceso de polimerización que tiene lugar con agitación en un medio acuoso en presencia de dispersantes e iniciadores radicalarios liposolubles.

Se sobreentiende que la expresión «polimerización en una emulsión acuosa» se refiere a cualquier proceso de polimerización que tiene lugar con agitación en un medio acuoso en presencia de emulsionantes e iniciadores radicalarios solubles en agua.

25 Se sobreentiende que la expresión «polimerización en una microsuspensión acuosa», a la que también se hace referencia como polimerización en una dispersión acuosa (parcial o completamente) homogeneizada, se refiere a cualquier proceso de polimerización que tiene lugar con agitación en un medio acuoso en presencia de emulsionantes e iniciadores radicalarios liposolubles, en el que se produce una emulsión de microgotas de monómeros mediante una agitación mecánica enérgica.

30 El paso de polimerización incluido en la preparación del polímero halogenado, en particular el polímero de cloruro de vinilo, a partir del cual se originan las aguas residuales tratadas de acuerdo con el proceso de la invención, se lleva a cabo preferentemente en una suspensión acuosa. El polímero es entonces, en este caso, favorablemente un polímero sólido.

35 El paso de polimerización, preferentemente en una suspensión acuosa, se lleva a cabo preferentemente en un reactor, preferentemente un reactor agitado.

La polimerización en una suspensión acuosa se prefiere particularmente cuando al menos un monómero halogenado utilizado es cloruro de vinilo (VC).

40 Es este último paso de polimerización, en particular de al menos un monómero que incluye cloruro de vinilo, que se lleva a cabo en una suspensión acuosa, el que se describirá en más detalle posteriormente en la presente con el fin de ilustrar la invención, sin limitar sin embargo el alcance de esta.

45 Este paso de polimerización en una suspensión acuosa se lleva a cabo favorablemente con la intervención de iniciadores radicalarios liposolubles tales como peróxidos, por ejemplo, peróxido de dilaurilo, peróxido de di-*t*-butilo y peróxido de dibenzoilo; hidroperóxidos, por ejemplo, hidroperóxido de *t*-butilo; perésteres, por ejemplo, perpivalato de *t*-butilo, 2-etilhexanoato de *t*-butilo y perneodecanoato de *t*-butilo; percarbonatos, por ejemplo, peroxidicarbonato de dietilo y peroxidicarbonato de diisopropilo y peroxidicarbonato de dietilhexilo; y tales como compuestos azo, por ejemplo, azobisisobutironitrilo y 2,2'-azobis(metoxi-2,4-dimetilvaleronitrilo. La cantidad de iniciador radicalario liposoluble utilizada favorablemente varía entre un 0.2 y un 2.0% en peso respecto al peso del monómero o monómeros utilizados.

50 Este paso de polimerización en una suspensión acuosa se lleva a cabo favorablemente en presencia de dispersantes o coloides protectores tales como, por ejemplo, éteres de celulosa hidrosolubles, alcohol polivinílico parcialmente saponificado y mezclas de estos. También es posible utilizar surfactantes a la vez que los dispersantes. La cantidad de dispersante utilizada favorablemente varía entre un 0.7 y un 2.0% en peso respecto al peso del monómero o monómeros utilizados.

55 Este paso de polimerización en una suspensión acuosa se puede llevar a cabo opcionalmente en presencia de aditivos que no sean los aditivos mencionados anteriormente (dispersantes, surfactantes) para mejorar la implementación del proceso y/o las características del polímero resultante. Algunos ejemplos de otros aditivos convencionales son agentes de transferencia de la cadena, agentes antiincrustantes, agentes antiestáticos, agentes antiespumantes, codisolventes y reguladores del pH, tales como sales tamponantes, por ejemplo, fosfato de sodio, polifosfato e hidrogenocarbonato.

60 La temperatura de la polimerización, preferentemente en una suspensión acuosa, está comprendida favorablemente entre 30 y 100 °C, preferentemente entre 30 y 90 °C, más particularmente entre 45 y 85 °C. La polimerización,

preferentemente en una suspensión acuosa, se lleva a cabo favorablemente con una presión comprendida entre 0.3 y 2.5 MPa, preferentemente entre 0.5 y 1.9 MPa.

5 El paso de polimerización, preferentemente en una suspensión acuosa, se continúa favorablemente hasta que se convierte un 60-98% en peso, preferentemente un 80-95% en peso del monómero o monómeros con una reducción concomitante de la presión en el reactor. En el caso preferido de la suspensión acuosa, a continuación se añade un inhibidor de la polimerización, por ejemplo, una base tal como amoniaco acuoso o un fenol, en una cantidad comprendida favorablemente entre un 0.01 y un 0.5% en peso respecto al peso del monómero o monómeros utilizados.

10 El contenido de polímero sólido de la suspensión acuosa obtenida al final del paso de polimerización en una suspensión acuosa está comprendido favorablemente entre un 20 y un 45% en peso, preferentemente entre un 25 y un 40% en peso.

15 Se sobreentiende que la expresión «a partir del cual el monómero que no ha reaccionado... se han separado a continuación» se refiere, a los efectos de la presente invención, a que se separa el monómero que no ha reaccionado que queda al final del paso de polimerización, preferentemente en la suspensión acuosa obtenida («suspensión densa») cuando el paso de polimerización se lleva a cabo en una suspensión acuosa, como consecuencia de la conversión incompleta del monómero.

20 El paso de separación del monómero que no ha reaccionado se puede llevar a cabo mediante cualquier medio conocido. En el caso preferido de la polimerización en una suspensión acuosa, esta eliminación se puede llevar a cabo de forma convencional mediante la desgasificación de la suspensión, lo que se lleva a cabo normalmente en un tanque de despresurización, seguida de una operación de destilación o, preferentemente, «extracción» de vapor del monómero residual.

25 La eliminación del monómero residual se puede llevar a cabo favorablemente suministrando la suspensión acuosa previamente despresurizada a una columna de extracción dotada de placas perforadas, a través de su parte superior (a modo de ejemplo, en el caso en que el monómero implicado en el paso de polimerización sea VC, el contenido de VC de la suspensión acuosa en la entrada de la columna de extracción está comprendido normalmente entre 3000 y 30 000 ppm (de un 0.3 a un 3%). Se suministra vapor a la base de la columna de extracción y la suspensión acuosa se «extrae» a contracorriente mediante las placas perforadas de la columna. Entre las columnas que se pueden utilizar para la extracción, se puede mencionar, por ejemplo, la columna descrita en la solicitud de patente francesa publicada con el número 2 940 137, cuyo contenido se incorpora a la presente solicitud por referencia.

35 El monómero eliminado de la suspensión acuosa en la columna de extracción, por motivos ecológicos y económicos, se recicla favorablemente en el paso de polimerización (a modo de ejemplo, en el caso en que el monómero sea VC, la cantidad de VC reciclada puede representar entre alrededor de un 1% y alrededor de un 3% del peso total de VC utilizado en el paso de polimerización y la cantidad de este monómero que sigue presente en la suspensión acuosa que abandona la columna de extracción es favorablemente inferior a 30 ppm, preferentemente inferior a 10 ppm).

40 Se sobreentiende que la expresión «a partir del cual el polímero obtenido ... se han separado a continuación» se refiere, a los efectos de la presente invención, a que se separa el polímero obtenido al final del paso de polimerización, preferentemente en la suspensión acuosa obtenida («suspensión densa») cuando el paso de polimerización se lleva a cabo en una suspensión acuosa, preferentemente después de la separación del monómero que no ha reaccionado.

45 El paso de separación del polímero obtenido se puede llevar a cabo mediante cualquier medio conocido. En el caso preferido de la polimerización en una suspensión acuosa, la suspensión acuosa trasvasada a partir del dispositivo para eliminar el monómero residual se somete a continuación favorablemente a un tratamiento de separación líquido-sólido que tiene como objetivo reducir su contenido de agua. Este tratamiento comprende normalmente una operación de sedimentación, una operación de eliminación de agua por centrifugación o, preferentemente, una sucesión de las dos operaciones. Tras este tratamiento, favorablemente el contenido de agua del polímero sólido resultante no es superior a uno comprendido entre un 10 y 35%, preferentemente entre un 15 y un 30% en peso. El contenido de sólidos de la fase líquida (a la que también se hace referencia como «aguas madre») separada del polímero sólido se encuentra en sí, favorablemente, comprendido entre 10 y 2500 mg/l.

50 Convenientemente, el polímero sólido («masa húmeda») resultante del tratamiento de separación líquido-sólido mencionado anteriormente se somete a un secado final que se lleva a cabo en cualquier dispositivo de secado conocido para este fin, tal como secadoras de tambor rotatorio y secadoras de lecho fluido.

55 El principal objetivo de la presente invención se basa en un proceso para tratar aguas residuales originadas a partir de la preparación de un polímero halogenado, en particular un polímero de cloruro de vinilo, preferentemente en una suspensión acuosa, que se ha descrito anteriormente.

65

Se sobreentiende que, en la presente descripción, la expresión «aguas residuales» (a la cual también se hace referencia como «agua contaminada» en la presente descripción) se refiere a cualquier material que contiene más de un 50% en peso, más particularmente más de un 70% en peso de agua en estado líquido, sólido o de vapor, preferentemente en estado líquido, donde los constituyentes del agua conocidos como «contaminantes» en la presente descripción están presentes en forma suspendida, dispersada o disuelta.

Se sobreentiende que el término «contaminantes» en la presente descripción se refiere a todos los constituyentes, que no sean agua, presentes en las aguas residuales en forma de compuestos químicos suspendidos o dispersados en el agua y/o en forma de iones o compuestos químicos disueltos en el agua.

En el caso preferido de la polimerización en una suspensión acuosa, las aguas residuales son de varios orígenes, especialmente:

- agua (E1) resultante de la condensación del vapor que se suministra a la columna de extracción, cuando es este el dispositivo que se utiliza para eliminar el monómero residual que no se ha convertido durante el paso de polimerización;
- aguas madre (E2) originadas a partir del tratamiento de separación líquido-sólido (sedimentación, eliminación de agua por centrifugación, etc.) de la suspensión acuosa trasvasada a partir del dispositivo para eliminar el monómero residual;
- agua (E3) resultante del secado final del polímero sólido («masa húmeda») procedente del tratamiento de separación líquido-sólido;
- agua (E4) utilizada para enjuagar y lavar los diferentes dispositivos utilizados para preparar el polímero halogenado: entre estos dispositivos, se pueden mencionar:
 - el reactor en el cual se lleva a cabo el paso de polimerización;
 - la columna de extracción opcional;
 - los conductos y tuberías que conectan estos dispositivos;
- varias aguas de purgado (E5), tales como el agua de purgado procedente de las torres de refrigeración opcionales para enfriar el agua de refrigeración del reactor (camisa), el agua residual opcional y el agua de purgado originada a partir de la elaboración del iniciador radicalario, etc.

En el caso preferido de la polimerización en una suspensión acuosa, los contaminantes presentes en las aguas residuales pueden ser, sin carácter limitante:

- (C1) el polímero halogenado, en particular el polímero de cloruro de vinilo, en sí, en forma de partículas muy finas, cuyo diámetro medio está comprendido normalmente entre 10 y 100 μm , más particularmente entre 25 y 60 μm , y el cual no se ha separado de la suspensión acuosa durante el tratamiento de separación líquido-sólido al cual ha sido sometido;
- (C2) el inhibidor añadido al final de la polimerización, el cual puede ser, por ejemplo, una base tal como amoníaco acuoso o fenol;
- (C3) los residuos del coloide protector o dispersante (por ejemplo: éter de celulosa, alcohol polivinílico parcialmente saponificado) que no se han incorporado en las partículas poliméricas, que representan normalmente una COD (siglas en inglés referentes a la demanda química de oxígeno) de 50 a 5000, de la forma más frecuente de 100 a 3500 mg/l;
- (C4) sales orgánicas e inorgánicas disueltas que representan normalmente una conductividad de 70 a 10 000 $\mu\text{S/cm}$ a 25 °C;
- (C5) iones halogenados originados a partir de residuos del monómero y el monómero residual que no ha reaccionado en sí;
- (C6) otros contaminantes posibles tales como compuestos orgánicos que están disueltos, dispersados o en suspensión, residuos de descomposición del iniciador y de aditivos añadidos al paso de polimerización, etc.

Según se ha mencionado, las aguas residuales, al menos una porción de las cuales se trata de acuerdo con el proceso de la presente invención, se pueden originar a partir de varias fuentes. En el caso preferido de la polimerización en una suspensión acuosa, son especialmente las aguas (E1)-(E5) mencionadas anteriormente.

En el caso preferido de la polimerización en una suspensión acuosa, los contaminantes que resulta favorable eliminar en la mayor medida posible de estas aguas residuales son, sin carácter limitante, algunos y preferentemente la totalidad de los contaminantes (C1)-(C6) identificados anteriormente.

El proceso de acuerdo con la invención tiene lugar preferentemente lo antes posible una vez que el monómero que no ha reaccionado y el polímero obtenido se han separado del medio acuoso en el que se ha llevado a cabo el paso de polimerización, preferentemente en una suspensión acuosa. En el caso preferido de la polimerización en una suspensión acuosa, se aplica favorablemente por consiguiente al menos al tratamiento de las aguas residuales (E2), preferentemente al menos al tratamiento de las aguas residuales (E1) y (E2), preferentemente en particular al menos al tratamiento de las aguas residuales (E1), (E2) y (E4) y, más particularmente, al tratamiento de todas las aguas residuales (E1)-(E5).

El proceso de acuerdo con la invención se basa en un paso de tratamiento fisicoquímico de una porción de las aguas residuales originadas a partir de la preparación de un polímero halogenado.

Se sobreentiende que la expresión «tratamiento fisicoquímico («PCT» en forma abreviada) de las aguas residuales», a los efectos de la presente invención, se refiere a cualquier tratamiento de aguas residuales que utiliza medios físicos combinados con la adición de reactivos químicos. Por consiguiente, el PCT no incluye favorablemente ningún tratamiento biológico. El PCT comprende una agitación (que provoca favorablemente una aireación) de las aguas residuales y también una operación de sedimentación (que también se conoce como clarificación), que elimina favorablemente una gran proporción de contaminantes, combinadas, con el fin de obtener favorablemente un mejor rendimiento, con el uso de coagulantes (por ejemplo, sales de hierro o sales de aluminio) y floculantes (por ejemplo, sílice activada, polielectrolitos) que provocan favorablemente que las partículas en suspensión se aglomeren y se acelere su caída en forma de agregados de sólidos conocidos como «flúculos».

De acuerdo con la invención, una porción de las aguas residuales experimenta una primera purificación mediante al menos un tratamiento físico.

Se sobreentiende que la expresión «tratamiento físico («PT» en forma abreviada, por sus siglas en inglés) de las aguas residuales», a los efectos de la presente invención, se refiere al tratamiento de aguas residuales que utiliza únicamente medios físicos. El PT de las aguas residuales comprende una filtración de las aguas residuales.

En el caso preferido de la polimerización en una suspensión acuosa, este PT se aplica, en particular pero no exclusivamente, a la purificación de los contaminantes (C4) y (C6).

De acuerdo con la invención, la primera purificación experimentada por una porción de las aguas residuales comprende una filtración.

La filtración es preferentemente una microfiltración o una ultrafiltración. La microfiltración y la ultrafiltración se llevan a cabo de forma conveniente especialmente para eliminar partículas sólidas muy finas presentes en las aguas residuales tratadas. El elemento de filtración puede ser un tubo, una placa o una membrana. El elemento de filtración es preferentemente una membrana. El material del elemento de filtración puede ser un filtro cerámico, un metal sinterizado, fibras metálicas o membranas poliméricas. Favorablemente, se hace referencia a la microfiltración cuando el diámetro de los poros del elemento de filtración es superior a 0.1 μm y cuando su estructura es relativamente simétrica con poros abiertos. Favorablemente, se hace referencia a la ultrafiltración cuando el diámetro de los poros del elemento de filtración es inferior a 0.1 μm y cuando su estructura es asimétrica con poros abiertos. En ambos casos, puede ser una filtración conocida como «filtración de flujo cruzado (CF, por sus siglas en inglés)» que considera la introducción tangencial del efluente que se ha de filtrar, una filtración conocida como «filtración de rotación cruzada (CR, por sus siglas en inglés)» que implica la presencia de un elemento mecánico rotatorio que previene la formación de depósitos en el elemento de filtración o la combinación de las dos. En particular, preferentemente, la filtración, preferentemente microfiltración o ultrafiltración, es una filtración conocida como filtración «de flujo cruzado» y «de rotación cruzada». Se prefiere muy particularmente una ultrafiltración «de flujo cruzado» y «de rotación cruzada».

Preferentemente, de forma adicional y posteriormente a la filtración descrita anteriormente (variante 1), se lleva a cabo un paso de purificación química mediante intercambio iónico (IE, por sus siglas en inglés) o un paso de purificación física mediante ósmosis inversa (RO, por sus siglas en inglés). Estos pasos de purificación IE o RO son muy conocidos en el campo técnico de la purificación de aguas residuales y contribuyen en particular a la desmineralización de las aguas residuales, es decir, en el caso preferido de la polimerización en una suspensión acuosa, su purificación respecto a los contaminantes disueltos (C4) y (C6).

El IE es favorablemente una reacción química reversible en la que un ion en solución se intercambia por unión de carga similar unido a una partícula sólida, a menudo una zeolita inorgánica o una resina orgánica sintética. En la práctica, los cationes (Ca^{++} , Na^+ , etc., resina de intercambio catiónico) se intercambian favorablemente por protones y los aniones (carbonato, sulfato, cromato, cloruro, etc.) se intercambian favorablemente por un grupo hidroxilo. Es habitual, dependiendo de la conductividad de las aguas residuales, combinar favorablemente resinas de intercambio catiónico que son, respectivamente, de carácter ácido fuerte o débil, con resinas de intercambio aniónico que son, respectivamente, de carácter básico débil o fuerte.

La RO es favorablemente un proceso físico para concentrar iones disueltos en las aguas residuales que se basa en el principio de invertir el proceso de ósmosis, que se obtiene ejerciendo, en uno de los compartimentos separados por una membrana, una presión hidrostática que excede la presión osmótica. De este modo, se fuerza favorablemente que el agua abandone el compartimento presurizado a pesar del incremento en la concentración de iones disueltos que se produce en él y la dilución que tiene lugar en el otro compartimento al incrementar la presión.

Los concentrados resultantes de la filtración y opcionalmente del IE o la OR se envían al PCT.

De acuerdo con una segunda variante de la realización (variante 2) del proceso fuera de la invención, la primera purificación experimentada por al menos una porción de las aguas residuales comprende:

- un paso de vaporización de las aguas residuales con el fin de obtener aguas residuales vaporizadas; y
- un paso de condensación de dichas aguas residuales vaporizadas con el fin de obtener aguas residuales condensadas.

El término «vaporización» se interpretará en su sentido convencional como que define la transición de fases desde el estado líquido hasta el estado gaseoso (de vapor).

El término «condensación» se interpretará en su sentido convencional como que define la transición de fases desde el estado gaseoso (de vapor) hasta el estado líquido.

La vaporización de al menos una porción de las aguas residuales con el fin de obtener aguas residuales vaporizadas y la condensación de las aguas residuales vaporizadas con el fin de obtener aguas residuales condensadas se pueden llevar a cabo en cualquier dispositivo conocido para este fin. El paso de vaporización y el paso de condensación se llevan a cabo favorablemente en un dispositivo que se selecciona entre evaporadores. Los evaporadores que se pueden utilizar son evaporadores de placas, evaporadores agitados, evaporadores con tubos en espiral, evaporadores de tipo recirculación, evaporadores de lecho fluidizado, evaporadores de película ascendente y evaporadores de película descendente, en particular evaporadores de película descendente de efecto sencillo y de efecto múltiple.

El paso de vaporización y el paso de condensación se llevan a cabo preferentemente en un evaporador de película descendente, en particular porque este tipo de evaporador es adecuado para la vaporización de líquidos que tienen una carga moderada de sólidos tales como el agua contaminada que se ha de tratar de acuerdo con la invención. Los evaporadores de este tipo también permiten operar favorablemente en una zona de «delta T» baja, convenientemente por debajo de 15 °C, preferentemente por debajo de 10 °C y más particularmente entre 5 y 8 °C. Se sobreentiende que la expresión «delta T» se refiere a la diferencia de temperatura entre el agua contaminada que se vaporiza en el evaporador y las aguas residuales condensadas después de la condensación.

La eficacia del evaporador es favorablemente óptima cuando las aguas residuales entran en él en su punto de ebullición y se distribuyen adecuadamente entre los tubos constituyentes calentados externamente del evaporador, las paredes internas de los cuales están humedecidas uniformemente. Esta es la razón por la que el cabezal del evaporador está dotado favorablemente de un dispositivo para distribuir el líquido entre los diferentes tubos.

La presión a la cual se llevan a cabo el paso de vaporización y el paso de condensación del proceso de acuerdo con la invención se selecciona favorablemente en función de la temperatura a la cual se desea vaporizar y a continuación condensar el agua contaminada. Los pasos de vaporización y condensación se pueden llevar a cabo, por ejemplo, a una presión comprendida favorablemente entre 0 y 0.1 MPa. Es preferible trabajar a presión atmosférica, en particular para limitar los volúmenes de aguas residuales vaporizadas que se generan, para la economía del proceso, para limitar cualquier fenómeno de formación de espuma y para prevenir la entrada de gases inertes.

La vaporización de las aguas residuales de acuerdo con la invención permite favorablemente purificarlas concentrando los contaminantes no volátiles. El factor de concentración de los contaminantes que se puede obtener depende en particular de su concentración inicial en las aguas residuales y de su naturaleza fisicoquímica, siendo a menudo el factor limitante la viscosidad de los contaminantes no volátiles concentrados (también conocidos como «concentrados») y también la tendencia a formar espuma y/o incrustaciones del evaporador.

La variante de la realización 2 de la primera purificación también incluye un paso de condensación de las aguas residuales vaporizadas para obtener «condensados», en particular que han sido purificados de los contaminantes mediante su vaporización previa.

Favorablemente, la energía del proceso se optimiza utilizando uno u otro de los métodos que se describen a continuación, considerados por separado o combinados:

- Evaporación de múltiples efectos, en particular llevando a cabo la vaporización seguida de la condensación de las aguas residuales en varios evaporadores sucesivos dispuestos en serie que se conocen como «efectos». Las aguas residuales vaporizadas resultantes del primer efecto se condensan favorablemente en el segundo efecto y la energía liberada por la condensación se utiliza para vaporizar las aguas residuales que se encuentran en este. El tercer evaporador actúa favorablemente como condensador para las aguas residuales vaporizadas resultantes del segundo efecto y así sucesivamente. Las aguas residuales vaporizadas del último efecto se utilizan favorablemente para calentar las aguas residuales del primer efecto. En ausencia de pérdidas de calor, es por lo tanto posible favorablemente reutilizar el calor latente de vaporización un número elevado de veces: cuantos más efectos haya, menor será el coste energético. Por lo tanto, puede ser preferible utilizar varios evaporadores de película descendente

dispuestos en serie; el consumo de vapor externo necesario para su operación se reduce entonces enormemente, sin proporcionar energía mecánica.

- Recompresión térmica de las aguas residuales vaporizadas, utilizando, por ejemplo, un eyector.
- Recompresión mecánica de las aguas residuales vaporizadas; esta técnica, denominada a menudo «evapoconcentración con recompresión mecánica de vapor (MVR, por sus siglas en inglés)» cuando se acopla con una vaporización, permite favorablemente reducir de forma sustancial el consumo de vapor a las expensas de un suministro ilimitado de energía eléctrica y es más compacta que la evaporación de múltiples efectos. Requiere favorablemente una máquina de recompresión rotatoria que puede ser, por ejemplo, un compresor. Los compresores que se pueden utilizar son compresores «reciprocantes», compresores rotatorios, compresores de husillo, compresores axiales, compresores centrífugos, compresores de efecto sencillo y de múltiples efectos, y ventiladores. Estos compresores se pueden utilizar para recomprimir las aguas residuales vaporizadas resultantes de cualquier evaporador mencionado anteriormente. Favorablemente, las relaciones de compresión que se han de conseguir corresponden a valores de delta T superiores a 4 °C, preferentemente superiores a 6 °C.

El paso de vaporización y el paso de condensación se llevan a cabo preferentemente en un evaporador, preferentemente un evaporador de película descendente, con recompresión mecánica de las aguas residuales vaporizadas. En este contexto, se ha demostrado que resulta particularmente favorable acoplar un ventilador, como compresor, con un evaporador de película descendente.

Las aguas residuales vaporizadas, opcionalmente recomprimidas según se ha indicado anteriormente, pueden proporcionar favorablemente el calor necesario para la vaporización del agua contaminada mediante la condensación por intercambio de calor en las partes adecuadas del evaporador. Los condensados resultantes se pueden utilizar favorablemente a continuación para precalentar dichas aguas residuales, antes de su vaporización, en particular si estas aguas no se encuentran disponibles en su punto de ebullición en el evaporador. Los condensados se producen favorablemente a unos grados por encima de la temperatura de entrada del agua contaminada.

Los concentrados resultantes de la vaporización del agua contaminada de acuerdo con la variante de la realización 2 de la primera purificación se extraen favorablemente, preferentemente del fondo del evaporador y se envían favorablemente al PCT, preferentemente tras su refrigeración.

Una tercera variante de la realización (variante 3) de la primera purificación del proceso de acuerdo con la invención puede comprender la variante 1 y la variante 2, operando en paralelo.

De este modo, el proceso de acuerdo con la invención se caracteriza preferentemente por que la primera purificación experimentada por al menos una porción de las aguas residuales comprende, por un lado, una filtración y, por otro lado,

- un paso de vaporización de las aguas residuales con el fin de obtener aguas residuales vaporizadas; y
- un paso de condensación de dichas aguas residuales vaporizadas con el fin de obtener aguas residuales condensadas;

operando en paralelo.

De acuerdo con la invención, el agua originada a partir del PCT se somete a un paso de purificación final que comprende una filtración bioquímica que se lleva a cabo utilizando un biorreactor de membrana (MBR, por sus siglas en inglés). El MBR contiene una o más membranas. Preferentemente, contiene únicamente una de estas. El término «membrana» se utiliza indistintamente en singular y en plural en la presente descripción.

En el caso particular de la polimerización en una suspensión acuosa, favorablemente esta filtración bioquímica se lleva a cabo especialmente para eliminar los contaminantes (C2) y (C3) que todavía puedan estar presentes en el agua originada a partir del PCT.

El paso de purificación final que comprende una filtración bioquímica llevado a cabo utilizando un MBR implica favorablemente la combinación de un biorreactor y un proceso de filtración de membrana. Las membranas se pueden colocar después del biorreactor o se pueden sumergir en este. Pueden ser minerales u orgánicas y del tipo utilizado en una microfiltración o en una ultrafiltración.

El biorreactor es favorablemente el punto de biodegradación de las aguas residuales. Se trata de un reactor biológico en el que crece favorablemente una biomasa adecuada para microorganismos (bacterias). Estos últimos degradan favorablemente los contaminantes (más particularmente, la COD) presentes, en particular en el caso de la polimerización en una suspensión acuosa los contaminantes (C3), como consecuencia de la introducción de oxígeno mediante un sistema de aireación. El segundo paso importante del MBR es favorablemente la separación, por medio de las membranas, del agua purificada procedente de la suspensión densa de digestión que utiliza microorganismos para la digestión.

El paso de purificación final de las aguas residuales de acuerdo con el proceso de la invención comprende preferentemente, además de la filtración bioquímica y después de esta, un paso de purificación física que comprende un filtro de múltiples medios (MMF, por sus siglas en inglés) o de purificación química que comprende un filtro de carbono activado (AC, por sus siglas en inglés). En el caso particular de la polimerización en una suspensión acuosa, estos pasos de purificación mediante MMF o AC ayudan en particular a purificar las aguas residuales de los contaminantes (C1) y (C5).

El MMF es favorablemente una versión mejorada del filtro de arena y puede contener hasta tres, e incluso cuatro, capas de medios de filtro. Por ejemplo, un MMF puede comprender una capa superior de partículas de carbón gruesas de baja densidad (antracita), una capa intermedia de partículas más pequeñas de silicato de aluminio calcinado o de arena y una capa inferior de granate.

El AC se basa favorablemente en la capacidad del carbón activado para absorber moléculas orgánicas.

El paso de purificación final de las aguas residuales de acuerdo con el proceso de la invención comprende más preferentemente, además de la filtración bioquímica y el paso de purificación física (MMF) o de purificación química (AC) y después de estos, un paso de purificación mediante intercambio iónico (IE) o mediante ósmosis inversa (RO). Todas las definiciones, notas, limitaciones, características y preferencias que se han definido anteriormente respecto a IE y RO para el proceso de acuerdo con la invención se aplican favorablemente también al paso de purificación final de las aguas residuales de acuerdo con el proceso de la invención.

El principal objetivo de este tratamiento consiste en proporcionar a al menos una porción de estas aguas residuales una pureza tal que permita reutilizarlas para la preparación del polímero halogenado, en particular reciclarlas para el paso de polimerización.

Dependiendo de su grado de pureza, toda el agua obtenida (agua resultante de la primera purificación mediante al menos un tratamiento físico y agua resultante del paso de purificación final) mediante el proceso de acuerdo con la invención se puede, de forma separada o en una combinación posible, reciclar en uno de los pasos para preparar el polímero halogenado, en particular el polímero de cloruro de vinilo, y/o en cualquier otra planta industrial similar a la unidad para preparar el polímero halogenado.

Como ejemplos de agua reciclada obtenida mediante el proceso de acuerdo con la invención para uno de los pasos para preparar el polímero halogenado, en particular el polímero de cloruro de vinilo, se pueden mencionar especialmente:

- el reciclaje como agua de reposición para el paso de polimerización, llevado a cabo en un medio acuoso, del monómero halogenado, en particular de cloruro de vinilo;
- el reciclaje como agua de reposición para las torres de refrigeración para enfriar el agua de refrigeración del reactor (camisa);
- el reciclaje como agua de enjuague y lavado para los diferentes dispositivos utilizados para la preparación del polímero halogenado, en particular del polímero de cloruro de vinilo, preferentemente agua (E4) en el caso preferido de la polimerización en una suspensión acuosa, con una preferencia muy particular por el reciclaje como agua de enjuague y lavado para la columna de extracción;
- en el caso preferido de la polimerización en una suspensión acuosa, el reciclaje como agua de enjuague para la suspensión acuosa de partículas de polímero halogenado, en particular de partículas de PVC («suspensión densa»).

Como ejemplos de agua reciclada obtenida mediante el proceso de acuerdo con la invención utilizada en cualquier otra planta industrial similar a la unidad para preparar el polímero halogenado, en particular el polímero de cloruro de vinilo, se pueden mencionar especialmente:

- el reciclaje como agua de enjuague para las plantas en las que tiene lugar la primera purificación y el paso de purificación final del proceso de tratamiento de aguas residuales de acuerdo con la invención;
- el reciclaje para la producción de vapor y/o agua caliente, por ejemplo, en calderas.

Favorablemente, el agua obtenida mediante el proceso de acuerdo con la invención se recicla en uno de los pasos para preparar el polímero halogenado, en particular el polímero de cloruro de vinilo, preferentemente en una suspensión acuosa. Preferentemente, el agua obtenida mediante el proceso de acuerdo con la invención se recicla como agua de reposición en el paso de polimerización para preparar el polímero halogenado, en particular el polímero de cloruro de vinilo, preferentemente en una suspensión acuosa.

Independientemente del uso del agua tratada obtenida mediante el proceso de acuerdo con la invención en el proceso para preparar el polímero halogenado, el proceso de acuerdo con la invención permite, en cualquier caso, reducir significativamente la cantidad de agua pura fresca, en particular el agua pura desmineralizada necesaria para el paso de polimerización, necesaria para preparar el polímero halogenado, en particular el polímero de cloruro de vinilo, y para los diferentes dispositivos que esta preparación requiere. Favorablemente, el ahorro conseguido en

agua pura fresca puede alcanzar al menos un 30%, preferentemente al menos un 40%, en particular preferentemente al menos un 60% o incluso un 80%.

5 Además, la calidad de la porción de esta agua posiblemente desechada en el entorno tras la purificación final es perfectamente aceptable para el entorno.

10 El proceso de acuerdo con la invención también presenta la ventaja de que se caracteriza por el hecho de que comprende muy pocos pasos de tratamiento y, como consecuencia, es menos costoso económicamente que los procesos de acuerdo con la técnica anterior.

15 La invención se refiere a un proceso para preparar un polímero halogenado, en particular un polímero de cloruro de vinilo, que comprende un paso de polimerización de al menos un monómero halogenado, en particular al menos un monómero que incluye cloruro de vinilo, llevado a cabo en un medio acuoso, a partir del cual el monómero que no ha reaccionado y el polímero obtenido se han separado a continuación, y que comprende el tratamiento posterior de las aguas residuales originadas a partir de esta preparación según se define en la Reivindicación 1 y las reivindicaciones que dependen de esta.

20 El proceso de tratamiento de aguas residuales de acuerdo con la invención se ilustrará a continuación haciendo referencia al dibujo adjunto a la presente descripción. Este dibujo está constituido por la Figura 1 adjunta, que es un diagrama en bloque que representa esquemáticamente una realización práctica del proceso de acuerdo con la invención.

25 Una porción (rica en contaminantes (C1)) de las aguas residuales 1 originadas a partir de la preparación de un polímero de cloruro de vinilo que comprende un paso de polimerización en una suspensión acuosa de VC llevado a cabo en un medio acuoso, a partir del cual el VC que no ha reaccionado y el polímero obtenido se han separado a continuación, se envía a un PCT 2 y otra porción (rica en contaminantes (C4) y (C6)) se envía a una ultrafiltración (CF-CR) 3 seguida de IE o RO 4. Las aguas residuales que no requieren purificación para el uso al que se destinan se reciclan en 1 mediante la bomba 5. Una porción del agua purificada se recicla mediante la bomba 6 (y opcionalmente mediante la bomba 7) en 1 y otra porción (en función del grado más elevado de pureza que
30 posiblemente se desee conferirle) se transfiere al PCT 2. El agua que abandona el PCT 2 se somete parcialmente, preferentemente en su totalidad, a un paso de purificación final más exhaustivo mediante pases sucesivos a través de un MBR 8, a través de MMF/AC 9 opcional y a través de un dispositivo de IE/RO 10. El agua purificada de este modo se recicla en 1 mediante la bomba 11 y los concentrados de los diferentes tratamientos 2, 8, 9 y 10 se desechan en 12. Si es necesario, se puede introducir agua de reposición pura mediante el tanque 13.
35

REIVINDICACIONES

- 5 **1.** Un proceso para la preparación de un polímero halogenado y para tratar aguas residuales originadas a partir de este (1), el cual incluye:
- un paso de polimerización de al menos un monómero halogenado llevado a cabo en un medio acuoso, a partir del cual el monómero que no ha reaccionado y el polímero obtenido se han separado a continuación, y donde el tratamiento de las aguas residuales (1) comprende:
- 10 - someter una porción de las aguas residuales a una primera purificación mediante al menos un tratamiento físico (3) que comprende una filtración de las aguas residuales;
- someter otra porción de las aguas residuales y los concentrados resultantes de la filtración (3) a un paso de tratamiento fisicoquímico (2), donde el tratamiento fisicoquímico (2) comprende una agitación de las aguas residuales y también una operación de sedimentación combinada con el uso de coagulantes y floculantes;
- 15 - un paso de purificación final, que comprende una filtración bioquímica (8) llevada a cabo utilizando un biorreactor de membrana que contiene una o más membranas, del agua originada a partir del tratamiento fisicoquímico.
- 20 **2.** El proceso de acuerdo con la Reivindicación 1, caracterizado por que el polímero halogenado es un polímero de cloruro de vinilo.
- 3.** El proceso de acuerdo con la Reivindicación 1, caracterizado por que los coagulantes se seleccionan entre sales de hierro y sales de aluminio y los floculantes se seleccionan entre sílice activada y polielectrolitos.
- 25 **4.** El proceso de acuerdo con la Reivindicación 1, caracterizado por que la filtración (3) es una microfiltración o una ultrafiltración.
- 5.** El proceso de acuerdo con la Reivindicación 1 o 4, caracterizado por que, de forma adicional y posteriormente a la filtración (3), se lleva a cabo un paso de purificación química mediante intercambio iónico o un paso de purificación física mediante ósmosis inversa (4) en el permeato.
- 30 **6.** El proceso de acuerdo con la Reivindicación 1, caracterizado por que el paso de purificación final de las aguas residuales (1) comprende, de forma adicional y posteriormente a la filtración bioquímica (8), un paso (9) de purificación física que comprende un filtro de múltiples medios o de purificación química que comprende un filtro de carbono activado.
- 35 **7.** El proceso de acuerdo con la Reivindicación 6, caracterizado por que el paso de purificación final de las aguas residuales (1) comprende, de forma adicional y posteriormente a la filtración bioquímica (8) y al paso de purificación física o de purificación química (9), un paso de purificación mediante intercambio iónico o mediante ósmosis inversa (10).
- 40 **8.** El proceso de acuerdo con la Reivindicación 1, caracterizado por que el agua obtenida se recicla en uno de los pasos para preparar el polímero halogenado.
- 45 **9.** El proceso de acuerdo con la Reivindicación 1, caracterizado por que el agua obtenida se recicla como agua de reposición en el paso de polimerización para preparar el polímero halogenado.

