

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 994 062**

51 Int. Cl.:

C02F 1/28 (2013.01)
C02F 1/76 (2013.01)
C02F 1/78 (2013.01)
B01J 20/20 (2006.01)
B01J 20/34 (2006.01)
B01J 20/08 (2006.01)
B01J 20/18 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **21.12.2018** **PCT/IB2018/060542**
87 Fecha y número de publicación internacional: **27.06.2019** **WO19123428**
96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.12.2018** **E 18890309 (0)**
97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.05.2024** **EP 3727627**

54 Título: **Proceso de lavado de ida y vuelta de medios adsortivos**

30 Prioridad:

22.12.2017 US 201762609739 P
21.08.2018 US 201862720376 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la
traducción de la patente:
16.01.2025

73 Titular/es:

OZONO POLARIS, S.A. DE C.V. (100.00%)
Bld. Atlixco 4303-A Colonia Estrella del Sur
Puebla 72190, MX

72 Inventor/es:

MACKAY PETT, DAVID ROSS

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 994 062 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 de lavado de ida y vuelta de medios adsorbtivos

5 Campo de la invención

La presente invención se relaciona en general con un método para lavar un medio adsorbente dentro de un sistema de tratamiento de agua, y en particular dentro de un sistema de tratamiento de agua que usa carbón activado granular o en polvo.

10 Antecedentes

La presente invención reduce el consumo de agua y mejora la efectividad de la regeneración *in situ*, y opcionalmente la sanitización, de medios filtrantes porosos granulares, tal como el carbón activado. Las realizaciones divulgadas en la presente también se pueden aplicar a materiales adsorbentes o adsorbentes en polvo, tales como una lechada de carbón activado en polvo.

15

Entre otras cosas, lo divulgado en la presente constituye una mejora novedosa y no evidente de la invención divulgada anteriormente en la patente de EE.UU. No. 9375663. En vista de otras técnicas anteriores pertinentes, se hace referencia a la patente europea EP3159314A1, que se refiere a un sistema de tratamiento de aguas en donde un medio filtrante adsorbente está dispuesto en un recipiente. En la presente, el medio filtrante es lavado por la acción de un émbolo dispuesto dentro del recipiente, cuya acción de lavado se logra cuando el émbolo comprime el medio filtrante y afecta el flujo de fluido de lavado al mismo tiempo.

20

El carbón activado (granulado o en polvo) se ha usado por miles de años para eliminar el color, el sabor y el olor del agua por la adsorción de contaminantes orgánicos. Durante el siglo pasado se empezaron a usar zeolitas adsorbentes naturales y sintéticas para purificar el agua por el intercambio de iones. Los primeros descalcificadores usaron zeolita natural para eliminar los cationes de calcio y magnesio que constituyen la dureza del agua. Posteriormente se desarrollaron zeolitas sintéticas más eficientes para filtrar estos y otros contaminantes objetivo del agua.

25

En los últimos años, el nivel de contaminantes traza en nuestros suministros de agua se ha convertido en un problema sanitario cada vez mayor, y se han establecido nuevos límites para sus niveles máximos de contaminantes. La categoría conocida como "contaminantes emergentes" incluye fármacos, productos de cuidado personal, pesticidas, herbicidas y compuestos alteradores endocrinos, la mayoría de los cuales se pueden filtrar por carbón activado. En 2003, la Oficina del Agua de la Agencia de Protección del Medio Ambiente de Estados Unidos designó el carbón activado (a menudo junto con la aireación) como la mejor tecnología disponible para eliminar la mayoría de estos contaminantes. Asimismo, cada vez es más necesario tratar las aguas residuales para su reutilización, especialmente en las regiones áridas. La filtración con carbón activado es a menudo un paso crítico en el tren de tratamiento para esta aplicación.

30

Se sabe que, aunque la inversión inicial para los filtros de carbón activado es baja en comparación con los sistemas de ósmosis inversa (RO, por sus siglas en inglés), por ejemplo, el coste de operación puede ser bastante elevado. La presente invención reduce sustancialmente el coste de operación al disminuir el consumo de agua, mejorar la efectividad de la regeneración, y opcionalmente la sanitización, de los medios filtrantes porosos y prolongar por lo mismo la vida útil de los mismos.

35

El carbón activado granular (GAC, por sus siglas en inglés), cuando se usa para purificar agua potable o de proceso, tiende a albergar bacterias que crecen en el medio granular. Estas bacterias pueden formar una sustancia viscosa que interfiere con la filtración y puede desprender los gránulos, contaminando por lo mismo el agua efluente, causando ocasionalmente que el agua producto sea de peor calidad que el agua de alimentación. Esto se combate usualmente al vaporizar el lecho filtrante periódicamente, o al desinfectar químicamente el lecho con ácido, cáustico o peróxido para matar las bacterias. La secuencia de sanitización puede durar un día entero y, especialmente en climas más cálidos que favorecen el crecimiento bacteriano, puede ser necesario realizarla cada pocos días.

50

El carbón recién activado (o regenerado) es muy eficiente a la hora de eliminar los contaminantes del flujo de agua pero, al cabo de unas semanas en servicio, esa eficiencia se deteriora significativamente. La regeneración térmica externa en hornos especializados típicamente cuesta aproximadamente 70 % del coste del carbono virgen y aproximadamente 10 % del carbono se pierde en el proceso. Si el carbón puede mantener la calidad del efluente dentro de unos límites aceptables (aunque no óptimos) por varios meses, es común que las instalaciones remuevan el carbón usado o gastado (problemático en sí mismo debido a los contaminantes adsorbidos, a menudo tóxicos) y lo sustituyan por carbón nuevo.

60

Cuando se hace necesaria la limpieza física de un lecho filtrante, típicamente se emplea el retrolavado, por el cual el agua limpia es forzada de manera ascendente a través del medio. El flujo ascendente del agua a través del lecho filtrante hace que las partículas se fluidifiquen, o queden suspendidas en el flujo de fluido, cuando se emplean

65

tasas de flujo suficientemente altas. La fluidización, al menos parcial, de las partículas contenidas en un lecho filtrante se puede lograr durante una etapa de retrolavado usando una tasa de flujo suficiente. Sin embargo, el retrolavado consume una cantidad considerable de agua y produce grandes volúmenes de efluente de retrolavado. El efluente de retrolavado se puede reciclar en la parte delantera de un proceso de tratamiento siempre que los contaminantes arrastrados no incapaciten el tratamiento; de lo contrario, el efluente de retrolavado se debe enviar a los residuos. Similarmente, el retrolavado con un fluido de lavado que contenga un desinfectante podría controlar el crecimiento bacteriano, pero se requiere un lavado prolongado para desinfectar los medios adsorbentes/adsorbentes, y el desinfectante puede hacer inviable el reciclado del efluente de retrolavado. Y, cuando se usa el retrolavado para eliminar contaminantes tóxicos, a menudo los contaminantes que se encuentran en el efluente de retrolavado se devuelven al medio ambiente.

En la técnica se conocen procesos para regenerar el carbón activado agotado y devolverle su capacidad de adsorción parcial o total usando soluciones químicas. Sin embargo, aunque económicamente atractivos, los procesos de regeneración química no han tenido mucho éxito, al menos en parte porque hasta ahora no se disponía de un medio práctico para fregar dinámicamente (o lavar/limpiar) los medios adsorbentes/adsorbentes con productos químicos *in situ* a lo largo de un periodo prolongado sin un consumo excesivo de agua y productos químicos. Similarmente, aunque el retrolavado de los medios filtrantes granulares con agua ozonizada es efectivo para regenerar y/o sanitizar los medios filtrantes granulares, el consumo de agua necesario para mantener el lecho filtrante en una condición totalmente fluidificada, a lo largo de un periodo suficiente para que el ozono proporcione el efecto deseado, puede ser excesivo.

El carbón activado en polvo (PAC, por sus siglas en inglés) se usa ampliamente en el tratamiento de agua potable para eliminar compuestos de sabor, olor y color, y en el tratamiento de aguas residuales para eliminar compuestos orgánicos. El carbón se añade al agua en forma de polvo o lechada, se mezcla y se le da tiempo para adsorber los contaminantes, y posteriormente se elimina en forma de lechada sedimentada o en el agua de retrolavado de un filtro. El retrolavado del carbón activado en polvo no es factible, ya que cualquier desbordamiento arrastraría consigo el carbón en polvo en suspensión. Por este motivo, el carbón activado en polvo rara vez se regenera y generalmente se remueve como un residuo sólido.

La presente invención aborda estos problemas usando un flujo de ida y vuelta de agua de lavado, con o sin fluidización pulsada de un lecho filtrante. Como se divulga en la presente, el consumo de agua se puede reducir significativamente al hacer circular toda o parte del agua de lavado usando el nuevo y no obvio método de ida y vuelta descrito en la presente.

En los sistemas de filtración, por ejemplo, los intentos anteriores de reciclar el agua de lavado al recircular la misma desde la parte superior del filtro hasta la entrada de agua de lavado en la parte inferior del filtro no han tenido éxito por varias razones. Por un lado, las boquillas de filtración inferior tienen típicamente ranuras en forma de cuña dispuestas en forma cilíndrica (es decir, cilindros), o constructos de tipo similar, en donde el exterior de las boquillas comprende ranuras estrechas que proporcionan un espaciado suficiente para que el agua filtrada fluya a través de las boquillas, al tiempo que previenen que las partículas del lecho filtrante pasen a través de las mismas. Una geometría en forma de cuña optimiza este proceso para que, durante el flujo normal de filtración, las partículas del medio filtrante queden excluidas de entrar en el subdrenaje a medida que el agua fluye hacia las boquillas cilíndricas y las ranuras de las boquillas se ensanchan posteriormente para limitar que cualquier partícula fina se quede atascada dentro de las ranuras.

Sin embargo, cuando un lecho filtrante se lava a contracorriente en dirección contraria (u opuesta) a la dirección del flujo de filtración, el agua de retrolavado usada que sale (o se descarga) de la parte superior del lecho filtrante contiene una gran cantidad de partículas finas o material particulado procedente de los medios filtrantes agitados. En ciertas configuraciones (por ejemplo, cuando no se dispone de sistemas o dispositivos automáticos de limpieza), los intentos de recircular el agua de retrolavado usada que contiene un alto contenido de partículas finas hacia el subdrenaje del filtro y de vuelta a través de las boquillas en forma de cuña (en una dirección de flujo contraria o inversa a la dirección normal del flujo de filtración) se pueden ver obstaculizados, ya que el agua de retrolavado entra por el lado interior más ancho de las boquillas en forma de cuña y posteriormente a través de las ranuras de estrechamiento en una dirección de flujo contraria a la dirección normal del flujo de filtración, atrapando así las partículas finas y obstruyendo las boquillas del subdrenaje. Por consiguiente, aunque no es necesario, un objeto de esta invención es proporcionar un método novedoso y mejorado para regenerar y/o sanitizar medios filtrantes granulares adsorbentes que reduzca la demanda de agua de lavado y supere las deficiencias de la recirculación del efluente de retrolavado, como se describe anteriormente.

Incluso cuando la obstrucción durante la recirculación del efluente de retrolavado no es un problema, otro objeto de la presente invención es proporcionar un método novedoso y mejorado de varios pasos para regenerar y/o sanitizar los medios filtrantes granulares con el fin de mantener la efectividad del tratamiento (por ejemplo, la capacidad de adsorción) de los mismos y permitir un uso prolongado dentro de un lecho filtrante sin un consumo excesivo de agua o un tiempo de inactividad sustancial del sistema de filtración/tratamiento del agua.

Asimismo, el ozono disuelto (y otros oxidantes, tales como el cloro, el peróxido de hidrógeno o el permanganato),

puede penetrar solamente una corta distancia en un lecho filtrante estático antes de consumirse. Esto ha limitado la capacidad de usar ciertos oxidantes para la regeneración y/o sanitización *in situ*. Como tal, en ciertas realizaciones (aunque no es necesario) es un objeto de esta invención para lograr la regeneración mejorada y la eficiencia de sanitización de adsorción medios de filtro granular con un método mejorado de emplear ozono disuelto para separar los contaminantes de la superficie de los medios de comunicación granular por brevemente y repetidamente fluidización de los medios de filtro para renovar la capa de medios de comunicación en el nivel en el lecho donde se introduce un oxidante. Este método también evita que los oxidantes entren en contacto directo con el cuerpo del filtro, que puede ser susceptible a la oxidación. En otras realizaciones, se proporcionan mejoras en la regeneración y/o desinfección de resinas de intercambio tanto catiónicas como aniónicas. Más específicamente, las resinas catiónicas de intercambio iónico no se ven afectadas en gran medida por la exposición periódica a desinfectantes como el cloro y el ozono, pero el tiempo de exposición y la agitación necesarios para una desinfección efectiva han limitado su aplicación. Con el método y el sistema de flujo de ida y vuelta divulgados en la presente, se pueden resolver estos problemas. Similarmente, las resinas aniónicas actualmente disponibles no resisten bien los oxidantes tales como el cloro y el ozono, pero se pueden limpiar con un flujo de ida y vuelta de productos químicos no oxidantes, como se describe en la presente.

Cuando se usa carbón activado en polvo como medio adsorbente, es un objeto adicional de esta invención proporcionar un medio práctico de regenerar y reutilizar el carbón activado, reduciendo por lo mismo la producción de residuos sólidos.

La presente invención resuelve o mitiga estas y otras deficiencias en la técnica por el uso de flujo de ida y vuelta entre dos filtros, o entre un filtro y un tanque de retención, o entre dos lavadoras, para lavar los medios adsorbentes, permitiendo por lo mismo que los medios adsorbentes sean tratados por una cantidad de tiempo suficiente para lograr la regeneración y/o sanitización deseada con un mínimo uso o consumo de agua y/o productos químicos.

El método divulgado en la presente es sencillo, rentable y altamente efectiva, y prolonga el tiempo de funcionamiento ("vida") de los filtros de lecho fijo al permitir eliminar total, sustancial o parcialmente las bacterias presentes en el medio filtrante, evitar su crecimiento incontrolado y regenerar total, sustancial o parcialmente la capacidad de adsorción del medio filtrante, todo ello con un consumo mínimo de agua y/o productos químicos de tratamiento.

Otros objetivos son proporcionar un método *in situ* que ofrezca una alternativa económica a la sustitución de los medios y a los métodos convencionales de sanitización/regeneración que no a) requiera el cierre del sistema de filtración u otro sistema de tratamiento de aguas por un periodo sustancial y prolongado; b) descargue grandes cantidades de efluente de lavado o retrolavado al drenaje después del tratamiento; y/o c) produzca efluente de retrolavado contaminado.

Breve descripción de la invención

La presente invención proporciona un método de acuerdo con la reivindicación anexa 1, para lavar un medio adsorbente dentro de un sistema de tratamiento de aguas. En el método, se usan un primer y un segundo recipientes que se pueden configurar como filtros, tanques de retención o lavadores externos. En el método, se usa un medio adsorbente que puede comprender carbón activado granular o en polvo.

En otras realizaciones, el método comprende una primera y/o segunda tasa de flujo suficiente para fluidizar al menos parcialmente el medio adsorbente, y puede comprender además el paso de fluidización pulsada para renovar la porción inferior del lecho filtrante a tratar, la porción superior del lecho filtrante a tratar, o tanto la porción superior como la inferior del lecho filtrante a tratar. En otras realizaciones, el método comprende los pasos de pulsar periódicamente el flujo del fluido de lavado en el lecho filtrante a tratar a una velocidad de fluidización mínima predeterminada para homogeneizar el medio adsorbente; introducir ozono o una solución de ozono disuelta en el lecho filtrante a tratar; y poner en contacto el medio adsorbente con el ozono o la solución de ozono disuelta.

Breve descripción de las figuras

La FIG. 1 es una representación esquemática de un filtro que se puede usar en una realización del método descrito en la presente.

La FIG. 2 es una representación esquemática de un filtro alternativo que se puede usar en una realización del método descrito en la presente.

La FIG. 3 es una representación esquemática de una configuración para un sistema de filtración que emplea el método descrito en la presente, en donde se usa un tanque de retención.

La FIG. 4 es una configuración alternativa para un sistema de filtración que emplea el método descrito en la presente, en donde el método emplea dos o más filtros simultáneamente en pares para la secuencia de lavado en lugar de un tanque de retención.

La FIG. 5 es una configuración alternativa para un sistema de filtración que emplea el método descrito en la presente, en donde se usa un tanque de lavado externo.

- 5 La FIG. 6 es una configuración alternativa de un sistema de lavado para un sistema de tratamiento de carbón activado en polvo, en donde el método usa lavadora(s) externa(s) dedicada(s).

- 10 La FIG. 7 ilustra un ejemplo alternativo en el que se usa un tanque de disolución de ozono de acuerdo con ciertas realizaciones descritas en la presente, en donde el tanque de disolución de ozono genera microburbujas de ozono en el fluido de lavado durante los ciclos de lavado de ida y vuelta.

Descripción detallada

- 15 La presente invención puede abordar uno o más de los problemas y deficiencias de la técnica comentados anteriormente. Sin embargo, se considera que la invención puede resultar útil para resolver otros problemas y deficiencias en diversos ámbitos técnicos. Por lo tanto, la invención reivindicada no se debe interpretar necesariamente como limitante para abordar cualquiera de los problemas o deficiencias particulares tratados en la presente.

- 20 El término "retrolavar" o "retrolavado" se refiere al proceso de invertir el flujo de un fluido a través de un lecho filtrante para eliminar contaminantes u otras partículas no absorbidas. El flujo de retrolavado (es decir, la dirección de flujo de una corriente de fluido de retrolavado) es por definición contracorriente al flujo de filtración (o en dirección opuesta al mismo). "Retrolavado" también se puede denominar "contralavado".

- 25 El término "carbón activado" se refiere a partículas o gránulos de carbón adsorbente con una gran superficie y una elevada porosidad interna, obtenidos usualmente por calentamiento de diversas fuentes de carbón. A efectos de esta divulgación, "carbón activado" también se puede denominar "carbón" o "carbón activo".

- 30 El término "carbón activado granular" (también conocido como GAC o carbón activado "granulado") se refiere al carbón activado con un tamaño de partícula en el rango de aproximadamente 0,2 a 5 mm.

El término "carbón activado en polvo" (también conocido como PAC o carbón activado "en polvo") se refiere al carbón activado con un tamaño de partícula menor a 0,2 mm.

- 35 El término "carbón activado agotado" se refiere al carbón activado que ha extenuado su capacidad de adsorción. "Carbón activado agotado" también se puede denominar "carbón activado gastado" o "extenuado".

- 40 El término "filtro" se puede referir a cualquier recipiente que contenga medios granulares adsorbentes configurados para retener contaminantes del agua contaminada que fluye a través de él durante el flujo de filtración.

- El término "ozono", o trióxigeno, se refiere a la forma triatómica del oxígeno, una molécula inorgánica con la fórmula química OO_2 u O_3 u O_3 .

- 45 El término "ozonizado" describe un medio, compuesto, sustancia o líquido (por ejemplo, agua) que ha sido infundido o impregnado con ozono. "Ozonizado" también se puede denominar "ozonado". Similarmente, el término "ozonización" se refiere al tratamiento o combinación de una sustancia o compuesto con ozono.

- 50 El término "aireación a presión" se refiere a un proceso en el que corrientes de aire son forzadas de manera ascendente a través del medio, usualmente en combinación con el flujo de retrolavado, para ayudar a la fluidización del lecho filtrante.

- 55 El término "regeneración" o "regenerar" se refiere a la eliminación de moléculas adsorbidas en la superficie de un medio filtrante adsorbente para restaurar parcial, sustancial o completamente el medio a su capacidad de adsorción original.

- El término "capacidad de adsorción reducida" se refiere a una capacidad de adsorción menor a la capacidad de adsorción original, o nativa, de un medio filtrante poroso.

- 60 El término "fluidización" se refiere a un proceso en el que un gas o líquido pasa a través de un medio filtrante a una tasa de flujo suficiente (es decir, una tasa de flujo fluidizante) y con la fuerza suficiente para hacer que las partículas dentro del filtro se separen y actúen como un fluido. De esta manera, la fluidización convierte los gránulos o partículas dentro del medio filtrante de un estado estático de tipo sólido a un estado dinámico de tipo fluido tal que las partículas se suspenden en el flujo fluidizante y se agitan y/o reorganizan.

- 65 El término "sanitización" o "sanitizar" se refiere al proceso de reducir el número de organismos o agentes patógenos que ponen en peligro la salud pública, con el fin de reducir la población microbiana a un nivel seguro determinado

por las normas de salud pública. De acuerdo con esta aplicación, la sanitización no requiere la eliminación o destrucción completa de todas las bacterias, sino solamente su casi eliminación. Solamente a modo de ejemplo, en algunas realizaciones, "sanitización" se refiere a una reducción del recuento de organismos o patógenos de al menos 99 % (por ejemplo, al menos 99,5 % o al menos 99,9 %).

El término "fluidización pulsada" o "pulsante" se refiere a una técnica usada para fluidizar un lecho filtrante que se caracteriza por pulsos intermitentes de corta duración de un flujo fluidizante de un gas o líquido a través de un lecho filtrante (es decir, el flujo fluidizante se "enciende" y se "apaga").

El término "secuencia" se refiere a una secuencia de lavado completa, desde que el filtro se retira del servicio para lavarlo hasta que está listo para volver al servicio. Una secuencia de lavado constará de una o varias etapas.

El término "etapa" o "etapas" se refiere a uno o más fluidos de lavado o soluciones de tratamiento distintos dentro de una secuencia de lavado, en donde cada etapa comprende uno o más ciclos de flujo de ida y vuelta. Entre etapa y etapa, uno o varios fluidos de lavado o soluciones de tratamiento distintos se pueden lavar, drenar o neutralizar para preparar la siguiente etapa.

El término "ciclo" comprende un ciclo de flujo de ida y vuelta, que puede incluir uno o más pasos, pero no se limitan a un paso de inversión del flujo, un paso de cambio de la tasa de flujo (es decir, para crear una fluidización pulsátil), un paso de tratamiento o un paso que introduce una aireación a presión.

El método para regenerar y/o sanitizar de un medio adsorbente de acuerdo con esta invención se ilustra con referencia a las figuras. En la FIG. 1, se muestran en sección transversal parcial ciertos atributos de un constructo típico de filtro de medio poroso y granular dentro de un sistema de filtración de agua. El filtro que se muestra aquí es meramente representativo de los filtros adaptables a los métodos de regeneración y/o desinfección de acuerdo con la presente invención, y no pretende ser limitante.

Con referencia a la FIG. 1, un filtro 100 (o recipiente filtrante, elemento filtrante o tanque de filtración) incluye un recipiente cilíndrico 10 que tiene paredes laterales 11, una pared inferior 12 y una pared superior 14. En los ejemplos descritos en la presente, la FIG. 1 está configurada como un filtro de presión que comprende medios filtrantes porosos para formar el lecho filtrante 20. Sin embargo, de acuerdo con la invención, se pueden usar otras configuraciones alternativas del tanque y es una cuestión de elección de diseño y/u operación del sistema, como es conocido en la técnica.

El recipiente o tanque 10 puede ser de cualquier tamaño práctico, es decir, con un diámetro en el rango de aproximadamente 0,2 m (1/2 pie) y aproximadamente 3,0 m (10 pies), y el volumen del medio filtrante poroso que comprende el lecho filtrante 20 en el recipiente 10 puede tener un rango de aproximadamente 20 litros a aproximadamente 50.000 litros (aproximadamente 1-1500 pies cúbicos), incluyendo todos los rangos y subrangos en el mismo, limitados únicamente por consideraciones prácticas en la construcción mecánica del recipiente. En los ejemplos expuestos en la presente, el recipiente 10 tiene una longitud (o altura recta) de aproximadamente 2,25 metros (m). En ejemplos alternativos, el recipiente 10 tiene una longitud (o altura recta) en el rango de aproximadamente 0,5 m a aproximadamente 10 m, incluyendo todos los rangos y subrangos en el mismo.

Un miembro generalmente horizontal, en la presente denominado medio de soporte del subdrenaje 13, está montado dentro del tanque 10 adyacente y sustancialmente paralelo a la pared inferior 12. Los medios de soporte del subdrenaje 13 están configurados para soportar un lecho filtrante suprayacente 20 compuesto de medios filtrantes granulares (a veces denominados en la presente "medios filtrantes granulares", "medios filtrantes" o "medios filtrantes porosos"). Los medios granulares pueden estar compuestos por diversos materiales de distintos tamaños de grano. A efectos de la presente divulgación, los medios filtrantes granulares se pueden seleccionar del grupo que comprende carbón activado, alúmina activada, zeolita, arena verde de manganeso, silicato de magnesio sintético, arena, antracita, resinas de intercambio iónico y combinaciones de los mismos. Puede estar compuesto por un único material o por dos o más materiales estratificados diferentes. Por ejemplo, opcionalmente, el filtro 100 también puede comprender grava 26 en la parte inferior del lecho filtrante en y alrededor de las boquillas 22.

Aunque no pretende ser limitante, en ciertos ejemplos, los medios de soporte del subdrenaje 13 pueden comprender uno o más de los siguientes: un falso fondo (es decir, bloques), una tamiz, una placa horizontal, tuberías laterales o un cabezal dispuesto horizontalmente. El receptáculo o cámara de subdrenaje 19 ubicado debajo de los medios de soporte 13 comprende una cámara abierta que se extiende horizontalmente por debajo del lecho filtrante 20 y está configurado para recibir el agua filtrada que fluye a través del lecho filtrante 20 en la dirección del flujo de filtración. Como se sabe en la técnica, los sistemas de aguas residuales típicamente incluyen una configuración de subdrenaje para soportar los medios filtrantes, tal que los medios filtrantes están separados de la parte inferior del filtro. Además de proporcionar soporte para el medio filtrante, la configuración del subdrenaje proporciona un medio para recolectar el agua filtrada que pasa a través del filtro y para distribuir uniformemente el agua de lavado/retr lavado, el aire, o una combinación de ambos, a través de la superficie inferior del lecho filtrante.

Como se muestra en la FIG. 1, los medios de soporte de subdrenaje 13 incluyen una pluralidad de boquillas de subdrenaje 22 que se extienden a través de los medios de soporte 13 y están configuradas para operar como (a) puertos de drenaje, en donde los puertos de drenaje permiten que el efluente de filtración fluya desde el lecho filtrante a través de la placa de subdrenaje 13 hacia una cámara de subdrenaje 19 durante y en la dirección del flujo de filtración, y como (b) puertos de influjo de agua de lavado, en donde los puertos de influjo de agua de lavado permiten que el fluido de lavado fluya a través de la placa de subdrenaje 13 hacia el lecho filtrante 20 en dirección contraria al flujo de filtración durante el lavado. Cuando se configuran como puertos de entrada de agua de lavado, las boquillas de subdrenaje 22 también se pueden usar para dirigir un fluido de lavado pulsante (es decir, líquido o gas) de manera ascendente en el lecho filtrante 20 durante un paso de fluidización pulsante (o secuencia de lavado pulsante), como se describe con más detalle en la presente.

En el contexto del método de acuerdo con la invención, se pueden usar otras configuraciones alternativas de la estructura del subdrenaje y de las boquillas del subdrenaje, y es una cuestión de elección de diseño y/o de configuración del sistema, como se conoce en la técnica. Asimismo, en algunas realizaciones, un fluido de lavado pulsante no fluye a través de las boquillas de subdrenaje 22, sino que entra en el lecho filtrante 20 a través de cabezales (o conductos) ubicados dentro del propio lecho. En otras realizaciones, una corriente de aire también puede ser introducida o pulsada intermitentemente mediante boquillas de drenaje 22 o entradas adicionales (no mostradas) durante un paso de aireación a presión. Un experto en la técnica reconocerá, sin embargo, que generalmente no se usará la aireación a presión si el fluido de lavado tiende a producir espuma.

En la FIG. 1, el medio filtrante granular está configurado operativamente para formar el lecho filtrante 20, en donde el lecho 20 es continuo y llena una porción sustancial del tanque 10 por encima de los medios de soporte 13 y tiene una superficie superior (20a) y una superficie inferior (20b) generalmente horizontales.

La extensión vertical del tanque 10 debe exceder ligeramente la profundidad del lecho filtrante 20 para acomodar la expansión del lecho filtrante 20 durante el flujo de fluidización (ver 20c). El francobordo 18 (la distancia vertical desde la parte superior del lecho filtrante 20a hasta la superficie superior del influjo del filtro (es decir, filtrado) o fluido de lavado 20c) se ubica por encima de la superficie superior (20a) del lecho filtrante 20. En el contexto de la invención, el filtro 100 (ya sea un filtro de gravedad, un filtro de presión u otro tipo de filtro) debe tener altura suficiente para acomodar al menos 35 % del francobordo, exceso de capacidad más allá de la capacidad diseñada del lecho filtrante estático, para permitir la expansión del lecho filtrante 20 durante las secuencias de lavado.

El filtro 100, como se muestra en la FIG. 1, incluye además un conducto 28 configurado operativamente para a) introducir agua contaminada (es decir, influjo) a tratar en la parte superior del tanque 10 y a través del lecho filtrante 20, o b) descargar agua de lavado del tanque filtrante 10. En los ejemplos en la presente, el conducto 28 se ubica por encima de la superficie superior 20a de la cama de filtro, y están configurados operativamente para estar en comunicación de flujo de líquido con el tanque de filtro 10. En el contexto de la invención, se pueden usar medios alternativos para introducir el agua contaminada en el tanque del filtro 10, conocidos en la técnica. Como se muestra en la FIG. 1, el tanque 10 incluye además un conducto 27 en comunicación fluida con la cámara de subdrenaje 19 y configurado operativamente para descargar un efluente filtrado del tanque 10, y/o introducir fluido de lavado, y aire de lavado 29. También se debe entender que se pueden emplear procesos, sistemas y/o dispositivos de filtración y lavado alternativos y opcionales, como se conocen en la técnica.

En los ejemplos divulgados en la presente, el filtro 100 opera a una tasa de flujo de filtración de aproximadamente 5 m/h a través de 1,2 m de carbón activado con un tamaño efectivo de 1 mm. En otros ejemplos, el lecho filtrante tiene una tasa de carga superficial de aproximadamente 0,04 a aproximadamente 19,6 m/h [es decir, 0,015 galones por minuto/pie² a aproximadamente 8 gpm/pie²], (por ejemplo, 0,037, 0,049, 0,073, 0,098, 0,122, 0,147, 0,171, 0,196, 0,22, 0,244, 0,269, 0,293, 0,318, 0,342, 0,367, 0,391, 0,416, 0,44, 0,464, 0,489, 0,513, 0,538, 0,562, 0,587, 0,611, 0,636, 0,66, 0,685, 0,709, 0,733, 0,758, 0,782, 0,807, 0,831, 0,856, 0,88, 0,905, 0,929, 0,953, 0,978, 1, 1,03, 1,05, 1,08, 1,1, 1,12, 1,15, 1,17, 1,2, 1,22, 1,25, 1,27, 1,3, 1,32, 1,34, 1,37, 1,39, 1,42, 1,44, 1,47, 1,49, 1,52, 1,54, 1,56, 1,59, 1,61, 1,64, 1,66, 1,69, 1,71, 1,74, 1,76, 1,78, 1,81, 1,83, 1,86, 1,88, 1,91, 1,93, 1,96, 1,98, 2, 2,03, 2,05, 2,08, 2,1, 2,13, 2,15, 2,18, 2,2, 2,22, 2,25, 2,27, 2,3, 2,32, 2,35, 2,37, 2,4, 2,42, 2,44, 2,49, 2,53, 2,57, 2,6, 2,63, 2,69, 2,73, 2,77, 2,8, 2,83, 2,89, 2,93, 2,99, 3,03, 3,07, 3,11, 3,15, 3,19, 3,23, 3,27, 3,31, 3,35, 3,39, 3,43, 3,47, 3,51, 3,55, 3,59, 3,63, 3,67, 3,71, 3,75, 3,79, 3,83, 3,87, 3,91, 3,95, 3,99, 4,03, 4,07, 4,11, 4,15, 4,19, 4,23, 4,27, 4,31, 4,35, 4,39, 4,43, 4,47, 4,51, 4,55, 4,59, 4,63, 4,67, 4,71, 4,75, 4,79, 4,83, 4,87, 4,91, 4,95, 4,99, 5,03, 5,07, 5,11, 5,15, 5,19, 5,23, 5,27, 5,31, 5,35, 5,39, 5,43, 5,47, 5,51, 5,55, 5,59, 5,63, 5,67, 5,71, 5,75, 5,79, 5,83, 5,87, 5,91, 5,95, 5,99, 6,03, 6,07, 6,11, 6,15, 6,19, 6,23, 6,27, 6,31, 6,35, 6,39, 6,43, 6,47, 6,51, 6,55, 6,59, 6,63, 6,67, 6,71, 6,75, 6,79, 6,83, 6,87, 6,91, 6,95, 6,99, 7,03, 7,07, 7,11, 7,15, 7,19, 7,23, 7,27, 7,31, 7,35, 7,39, 7,43, 7,47, 7,51, 7,55, 7,59, 7,63, 7,67, 7,71, 7,75, 7,79, 7,83, 7,87, 7,91, 7,95, 7,99, 8,03, 8,07, 8,11, 8,15, 8,19, 8,23, 8,27, 8,31, 8,35, 8,39, 8,43, 8,47, 8,51, 8,55, 8,59, 8,63, 8,67, 8,71, 8,75, 8,79, 8,83, 8,87, 8,91, 8,95, 8,99, 9,03, 9,07, 9,11, 9,15, 9,19, 9,23, 9,27, 9,31, 9,35, 9,39, 9,43, 9,47, 9,51, 9,55, 9,59, 9,63, 9,67, 9,71, 9,75, 9,79, 9,83, 9,87, 9,91, 9,95, 9,99, 10,03, 10,07, 10,11, 10,15, 10,19, 10,23, 10,27, 10,31, 10,35, 10,39, 10,43, 10,47, 10,51, 10,55, 10,59, 10,63, 10,67, 10,71, 10,75, 10,79, 10,83, 10,87, 10,91, 10,95, 10,99, 11,03, 11,07, 11,11, 11,15, 11,19, 11,23, 11,27, 11,31, 11,35, 11,39, 11,43, 11,47, 11,51, 11,55, 11,59, 11,63, 11,67, 11,71, 11,75, 11,79, 11,83, 11,87, 11,91, 11,95, 11,99, 12,03, 12,07, 12,11, 12,15, 12,19, 12,23, 12,27, 12,31, 12,35, 12,39, 12,43, 12,47, 12,51, 12,55, 12,59, 12,63, 12,67, 12,71, 12,75, 12,79, 12,83, 12,87, 12,91, 12,95, 12,99, 13,03, 13,07, 13,11, 13,15, 13,19, 13,23, 13,27, 13,31, 13,35, 13,39, 13,43, 13,47, 13,51, 13,55, 13,59, 13,63, 13,67, 13,71, 13,75, 13,79, 13,83, 13,87, 13,91, 13,95, 13,99, 14,03, 14,07, 14,11, 14,15, 14,19, 14,23, 14,27, 14,31, 14,35, 14,39, 14,43, 14,47, 14,51, 14,55, 14,59, 14,63, 14,67, 14,71, 14,75, 14,79, 14,83, 14,87, 14,91, 14,95, 14,99, 15,03, 15,07, 15,11, 15,15, 15,19, 15,23, 15,27, 15,31, 15,35, 15,39, 15,43, 15,47, 15,51, 15,55, 15,59, 15,63, 15,67, 15,71, 15,75, 15,79, 15,83, 15,87, 15,91, 15,95, 15,99, 16,03, 16,07, 16,11, 16,15, 16,19, 16,23, 16,27, 16,31, 16,35, 16,39, 16,43, 16,47, 16,51, 16,55, 16,59, 16,63, 16,67, 16,71, 16,75, 16,79, 16,83, 16,87, 16,91, 16,95, 16,99, 17,03, 17,07, 17,11, 17,15, 17,19, 17,23, 17,27, 17,31, 17,35, 17,39, 17,43, 17,47, 17,51, 17,55, 17,59, 17,63, 17,67, 17,71, 17,75, 17,79, 17,83, 17,87, 17,91, 17,95, 17,99, 18,03, 18,07, 18,11, 18,15, 18,19, 18,23, 18,27, 18,31, 18,35, 18,39, 18,43, 18,47, 18,51, 18,55, 18,59, 18,63, 18,67, 18,71, 18,75, 18,79, 18,83, 18,87, 18,91, 18,95, 18,99, 19,03, 19,07, 19,11, 19,15, 19,19, 19,23, 19,27, 19,31, 19,35, 19,39, 19,43, 19,47, 19,51, 19,55, 19,59, 19,63, 19,67, 19,71, 19,75, 19,79, 19,83, 19,87, 19,91, 19,95, 19,99, 20,03, 20,07, 20,11, 20,15, 20,19, 20,23, 20,27, 20,31, 20,35, 20,39, 20,43, 20,47, 20,51, 20,55, 20,59, 20,63, 20,67, 20,71, 20,75, 20,79, 20,83, 20,87, 20,91, 20,95, 20,99, 21,03, 21,07, 21,11, 21,15, 21,19, 21,23, 21,27, 21,31, 21,35, 21,39, 21,43, 21,47, 21,51, 21,55, 21,59, 21,63, 21,67, 21,71, 21,75, 21,79, 21,83, 21,87, 21,91, 21,95, 21,99, 22,03, 22,07, 22,11, 22,15, 22,19, 22,23, 22,27, 22,31, 22,35, 22,39, 22,43, 22,47, 22,51, 22,55, 22,59, 22,63, 22,67, 22,71, 22,75, 22,79, 22,83, 22,87, 22,91, 22,95, 22,99, 23,03, 23,07, 23,11, 23,15, 23,19, 23,23, 23,27, 23,31, 23,35, 23,39, 23,43, 23,47, 23,51, 23,55, 23,59, 23,63, 23,67, 23,71, 23,75, 23,79, 23,83, 23,87, 23,91, 23,95, 23,99, 24,03, 24,07, 24,11, 24,15, 24,19, 24,23, 24,27, 24,31, 24,35, 24,39, 24,43, 24,47, 24,51, 24,55, 24,59, 24,63, 24,67, 24,71, 24,75, 24,79, 24,83, 24,87, 24,91, 24,95, 24,99, 25,03, 25,07, 25,11, 25,15, 25,19, 25,23, 25,27, 25,31, 25,35, 25,39, 25,43, 25,47, 25,51, 25,55, 25,59, 25,63, 25,67, 25,71, 25,75, 25,79, 25,83, 25,87, 25,91, 25,95, 25,99, 26,03, 26,07, 26,11, 26,15, 26,19, 26,23, 26,27, 26,31, 26,35, 26,39, 26,43, 26,47, 26,51, 26,55, 26,59, 26,63, 26,67, 26,71, 26,75, 26,79, 26,83, 26,87, 26,91, 26,95, 26,99, 27,03, 27,07, 27,11, 27,15, 27,19, 27,23, 27,27, 27,31, 27,35, 27,39, 27,43, 27,47, 27,51, 27,55, 27,59, 27,63, 27,67, 27,71, 27,75, 27,79, 27,83, 27,87, 27,91, 27,95, 27,99, 28,03, 28,07, 28,11, 28,15, 28,19, 28,23, 28,27, 28,31, 28,35, 28,39, 28,43, 28,47, 28,51, 28,55, 28,59, 28,63, 28,67, 28,71, 28,75, 28,79, 28,83, 28,87, 28,91, 28,95, 28,99, 29,03, 29,07, 29,11, 29,15, 29,19, 29,23, 29,27, 29,31, 29,35, 29,39, 29,43, 29,47, 29,51, 29,55, 29,59, 29,63, 29,67, 29,71, 29,75, 29,79, 29,83, 29,87, 29,91, 29,95, 29,99, 30,03, 30,07, 30,11, 30,15, 30,19, 30,23, 30,27, 30,31, 30,35, 30,39, 30,43, 30,47, 30,51, 30,55, 30,59, 30,63, 30,67, 30,71, 30,75, 30,79, 30,83, 30,87, 30,91, 30,95, 30,99, 31,03, 31,07, 31,11, 31,15, 31,19, 31,23, 31,27, 31,31, 31,35, 31,39, 31,43, 31,47, 31,51, 31,55, 31,59, 31,63, 31,67, 31,71, 31,75, 31,79, 31,83, 31,87, 31,91, 31,95, 31,99, 32,03, 32,07, 32,11, 32,15, 32,19, 32,23, 32,27, 32,31, 32,35, 32,39, 32,43, 32,47, 32,51, 32,55, 32,59, 32,63, 32,67, 32,71, 32,75, 32,79, 32,83, 32,87, 32,91, 32,95, 32,99, 33,03, 33,07, 33,11, 33,15, 33,19, 33,23, 33,27, 33,31, 33,35, 33,39, 33,43, 33,47, 33,51, 33,55, 33,59, 33,63, 33,67, 33,71, 33,75, 33,79, 33,83, 33,87, 33,91, 33,95, 33,99, 34,03, 34,07, 34,11, 34,15, 34,19, 34,23, 34,27, 34,31, 34,35, 34,39, 34,43, 34,47, 34,51, 34,55, 34,59, 34,63, 34,67, 34,71, 34,75, 34,79, 34,83, 34,87, 34,91, 34,95, 34,99, 35,03, 35,07, 35,11, 35,15, 35,19, 35,23, 35,27, 35,31, 35,35, 35,39, 35,43, 35,47, 35,51, 35,55, 35,59, 35,63, 35,67, 35,71, 35,75, 35,79, 35,83, 35,87, 35,91, 35,95, 35,99, 36,03, 36,07, 36,11, 36,15, 36,19, 36,23, 36,27, 36,31, 36,35, 36,39, 36,43, 36,47, 36,51, 36,55, 36,59, 36,63, 36,67, 36,71, 36,75, 36,79, 36,83, 36,87, 36,91, 36,95, 36,99, 37,03, 37,07, 37,11, 37,15, 37,19, 37,23, 37,27, 37,31, 37,35, 37,39, 37,43, 37,47, 37,51, 37,55, 37,59, 37,63, 37,67, 37,71, 37,75, 37,79, 37,83, 37,87, 37,91, 37,95, 37,99, 38,03, 38,07, 38,11, 38,15, 38,19, 38,23, 38,27, 38,31, 38,35, 38,39, 38,43, 38,47, 38,51, 38,55, 38,59, 38,63, 38,67, 38,71, 38,75, 38,79, 38,83, 38,87, 38,91, 38,95, 38,99, 39,03, 39,07, 39,11, 39,15, 39,19, 39,23, 39,27, 39,31, 39,35, 39,39, 39,43, 39,47, 39,51, 39,55, 39,59, 39,63, 39,67, 39,71, 39,75, 39,79, 39,83, 39,87, 39,91, 39,95, 39,99, 40,03, 40,07, 40,11, 40,15, 40,19, 40,23, 40,27, 40,31, 40,35, 40,39, 40,43, 40,47, 40,51, 40,55, 40,59, 40,63, 40,67, 40,71, 40,75, 40,79, 40,83, 40,87, 40,91, 40,95, 40,99, 41,03, 41,07, 41,11, 41,15, 41,19, 41,23, 41,27, 41,31, 41,35, 41,39, 41,43, 41,47, 41,51, 41,55, 41,59, 41,63, 41,67, 41,71, 41,75, 41,79, 41,83, 41,87, 41,91, 41,95, 41,99, 42,03, 42,07, 42,11, 42,15, 42,19, 42,23, 42,27, 42,31, 42,35, 42,39, 42,43, 42,47, 42,51, 42,55, 42,59, 42,63, 42,67, 42,71, 42,75, 42,79, 42,83, 42,87, 42,91, 42,95, 42,99, 43,03, 43,07, 43,11, 43,15, 43,19, 43,23, 43,27, 43,31, 43,35, 43,39, 43,43, 43,47, 43,51, 43,55, 43,59, 43,63, 43,67, 43,71, 43,75, 43,79, 43,83, 43,87, 43,91, 43,95, 43,99, 44,03, 44,07, 44,11, 44,15, 44,19, 44,23, 44,27, 44,31, 44,35, 44,39, 44,43, 44,47, 44,51, 44,55, 44,59, 44,63, 44,67, 44,71, 44,75, 44,79, 44,83, 44,87, 44,91, 44,95, 44,99, 45,03, 45,07, 45,11, 45,15, 45,19, 45,23, 45,27, 45,31, 45,35, 45,39, 45,43, 45,47, 45,51, 45,55, 45,59, 45,63, 45,67, 45,71, 45,75, 45,79, 45,83, 45,87, 45,91, 45,95, 45,99, 46,03, 46,07, 46,11, 46,15, 46,19, 46,23, 46,27, 46,31, 46,35, 46,39, 46,43, 46,47, 46,51, 46,55, 46,59, 46,63, 46,67, 46,71, 46,75, 46,79, 46,83, 46,87, 46,91, 46,95, 46,99, 47,03, 47,07, 47,11, 47,15, 47,19, 47,23, 47,27, 47,31, 47,35, 47,39, 47,43, 47,47, 47,51, 47,55, 47,59, 47,63, 47,67, 47,71, 47,75, 47,79, 47,83, 47,87, 47,91, 47,95, 47,99, 48,03, 48,07, 48,11, 48,15, 48,19, 48,23, 48,27, 48,31, 48,35, 48,39, 48,43, 48,47, 48,51, 48,55, 48,59, 48,63, 48,67, 48,71, 48,75, 48,79, 48,83, 48,87, 48,91, 48,95, 48,99, 49,03, 49,07, 49,11, 49,15, 49,19, 49,23, 49,27, 49,31, 49,35, 49,39, 49,43, 49,47, 49,51, 49,55, 49,59, 49,63, 49,67, 49,71, 49,75, 49,79, 49,83, 49,87, 49,91, 49,95, 49,99, 50,03, 50,07, 50,11, 50,15, 50,19, 50,23, 50,27, 50,31, 50,35, 50,39, 50,43, 50,47, 50,51, 50,55, 50,59, 50,63, 50,67, 50,71, 50,75, 50,79, 50,83, 50,87, 50,91, 50,95, 50,99, 51,03, 51,07, 51,11, 51,15, 51,19, 51,23, 51,27, 51,31, 51,35, 51,39, 51,43, 51,47, 51,51, 51,55, 51,59, 51,63, 51,67, 51,71, 51,75, 51,79, 51,83, 51,87, 51,91, 51,95, 51,99, 52,03, 52,07, 52,11, 52,15, 52,19, 52,23, 52,27, 52,31, 52,35, 52,39, 52,43, 52,47, 52,51, 52,55, 52,59, 52,63, 52,67, 52,71, 52,75, 52,79, 52,83, 52,87, 52,91, 52,95, 52,99, 53,03, 53,07, 53,11, 53,15, 53,19, 53,23, 53,27, 53,31, 53,35, 53,39, 53,43, 53,47, 53,51, 53,55, 53,59, 53,63, 53,67, 53,71, 53,75, 53,79, 53,83, 53,87, 53,91, 53,95, 53,99, 54,03, 54,07, 54,11, 54,15, 54,19, 54,23, 54,27, 54,31, 54,35, 54,39, 54,43, 54,47, 54,51, 54,55, 54,59, 54,63, 54,67, 54,71, 54,75, 54,79, 54,83, 54,87, 54,91, 54,95, 54,99, 55,03, 55,07, 55,11, 55,15, 55,19, 55,23, 55,27, 55,31, 55,35, 55,39, 55,43, 55,47, 55,51, 55,55, 55,59, 55,63, 55,67, 55,71, 55,75, 55,79, 55,83, 55,87, 55,91, 55,95, 55,99, 56,03, 56,07, 56,11, 56,15, 56,19, 56,23, 56,27, 56,31, 56,35, 56,39, 56,43, 56,47, 56,51, 56,55, 56,59, 56,63, 56,67, 56,71, 56,75, 56,79, 56,83, 56,87, 56,91, 56,95, 56,99, 57,03, 57,07, 57,11, 57,15, 57,19, 57,23, 57,27, 57,31, 57,35, 57,39, 57,43, 57,47, 57,51, 57,55, 57,59, 57,63, 57,67, 57,71, 57,75, 57,79, 57,83, 57,87, 57,91, 57,95, 57,99, 58,03, 58,07, 58,11, 58,15, 58,19, 58,23, 58,27, 58,31, 58,35, 58,39, 58,43, 58,47, 58,51, 58,55, 58,59, 58,63, 58,67, 58,71, 58,75, 58,79, 58,83, 58,87, 58,91, 58,95, 58,99, 59,03, 59,07, 59,11, 59,15, 59,19, 59,23, 59,27, 59,31, 59,35, 59,39, 59,43, 59,47, 59,51, 59,55, 59,59, 59,63, 59,67, 59,71, 59,75, 59,79, 59,83, 59,87, 59,91, 59,95, 59,99, 60,03, 60,07, 60,11, 60,15, 60,19, 60,23, 60,27, 60,31, 60,35, 60,39, 60,43, 60,47, 60,51, 60,55, 60,59, 60,63, 60,67, 60,71, 60,75, 60,79, 60,83, 60,87, 60,91, 60,95, 60,99, 61,03, 61,07, 61,11, 61,15, 61,19, 61,23, 61,27, 61,31, 61,35, 61,39, 61,43, 61,47, 61,51, 61,55, 61,59, 61,63, 61,67, 61,71, 61,75, 61,79, 61,83, 61,87, 61,91, 61,95, 61,99, 62,03, 62,07, 62,11, 62,15, 62,19, 62,23, 62,27, 62,31, 62,35, 62,39, 62,43, 62,47, 62,51, 62

embargo, en este ejemplo, el filtro 101 también tiene uno o más colectores o cabezales configurados operativamente para introducir fluidos en el filtro 101. Específicamente, como se muestra aquí, en ciertos ejemplos el filtro 101 incluye opcionalmente las cabeceras 31, 32, y/o 33. Más específicamente, como se describirá más detalladamente en la presente, el cabezal 32 opcionalmente está integrado de forma operativa en el lecho filtrante 20 para introducir productos químicos de tratamiento adecuados durante ciertas etapas de lavado. A modo de ejemplo, y en las configuraciones ejemplares en la presente, los productos químicos de tratamiento introducidos mediante el cabezal 32 son oxidantes seleccionados del grupo que comprende ozono disuelto, cloro, peróxido de hidrógeno y permanganato. En ejemplos preferidos, el cabezal 32 estará sumergido aproximadamente 10 cm por debajo de la superficie superior 20a del lecho filtrante 20. En otros ejemplos, el cabezal 32 está sumergido dentro del rango de aproximadamente 1 a aproximadamente 500 cm por debajo de la superficie superior 20a del lecho filtrante 20.

Con referencia de nuevo a la FIG. 2, el filtro 101 comprende opcionalmente una entrada de aire/cabezal 31 para introducir aire, y/o un cabezal de lavado superficial 33, para introducir productos químicos de tratamiento en la superficie superior del lecho filtrante 20 durante la secuencia de lavado. Por ejemplo, durante la secuencia de lavado de ida y vuelta, cuando el fluido dentro del filtro 101 está siendo aspirado a una tasa de flujo de aspiración, como se describe en la presente, los productos químicos de tratamiento opcionalmente se introducen uniformemente en el lecho de fluido a una tasa de flujo menor a la tasa de aspiración. En este caso, aunque no pretende ser limitante, los productos químicos de tratamiento pueden ser oxidantes u otros productos químicos de tratamiento seleccionados del grupo que comprende soluciones alcalinas, soluciones ácidas, ozono (disuelto o gaseoso), cloro, peróxido de hidrógeno o permanganato, y disolventes, y combinaciones de los mismos. Más específicamente, los productos químicos de tratamiento pueden incluir ozono gaseoso, agua con ozono disuelto, microburbujas de ozono, agua saturada con ozono disuelto, solución de dióxido de carbono, solución saturada de dióxido de carbono, solución de dióxido de azufre, solución saturada de dióxido de azufre, solución de dióxido de cloro, solución saturada de dióxido de cloro, solución ácida, solución alcalina, peróxido de hidrógeno, cloruro de hidrógeno, solución de hidróxido de sodio, disolventes y tensioactivos.

Con referencia a la FIG. 3, se muestra una representación esquemática de un ejemplo preferido de configuración de un sistema de lavado de filtros 200. En este ejemplo preferido, el sistema de tratamiento de agua está configurado como sistema de lavado con carbón 200, que comprende, entre otras cosas, un filtro 100 (primer recipiente) y un tanque de retención de agua de lavado 60 (segundo recipiente) en comunicación fluida. Aunque no pretende ser limitante, la configuración operativa del sistema 200 sería típicamente preferible con sistemas de tratamiento de agua que tienen solamente un filtro adsorbente 100, o cuando solamente un filtro a la vez puede ser lavado (por ejemplo, dos unidades no pueden ser puestas fuera de servicio a la vez). Asimismo, en este ejemplo, los materiales constructivos del filtro 100 serán compatibles con los fluidos de lavado y/o soluciones de tratamiento previstos (es decir, los productos químicos necesarios para el lavado). Aunque no pretende ser limitante, este ejemplo tiene varias ventajas sobre otras configuraciones, también divulgadas en la presente. Por ejemplo, usar esta configuración a) permite usar un único cabezal de agua de lavado en lugar de dos; b) se pueden usar menos válvulas de 3 vías; c) facilita la preparación del fluido de lavado; d) se puede usar el mismo tanque externo para tratar el fluido de lavado gastado o procesado entre secuencias de limpieza de filtros; y e) solamente se desconecta un filtro a la vez.

Como se muestra aquí, el sistema de lavado 200 comprende un filtro 100, un tanque de retención 60, una pluralidad de válvulas 49, 50a-e (típicamente incluidas con filtros de presión de lecho fijo), 51, 52 y 55, y una bomba de lavado 35. Opcionalmente, en los ejemplos divulgados en la presente, el sistema 200 comprende un dispositivo de disolución de ozono 80 y alimentadores químicos 90. El sistema también comprenderá las tuberías adecuadas y controles automáticos configurados operativamente con válvulas (por ejemplo, 49/50/51/52/55) y bombas para invertir periódicamente, o alternar, el flujo de agua de lavado para el lavado de ida y vuelta. El tanque de retención 60 típicamente tiene un respiradero 54 y un subdrenaje 53.

De acuerdo con este ejemplo, el sistema 200 puede comprender una corriente de agua de alimentación 202, una corriente de reciclado o de residuos 203, y una corriente de distribución de fluido de lavado procesado 201, y opcionalmente una corriente de aireación a presión 204.

En este ejemplo, las válvulas 49/50/51/52/55 están configuradas operativamente para alternar o hacer circular la dirección del flujo de ida y vuelta. En ciertos ejemplos, este proceso será automatizado; sin embargo, estas y otras válvulas pueden ser manuales o automáticas, de acuerdo con la elección del diseño o la configuración del sistema. Para iniciar la secuencia de retrolavado, las válvulas 49/50/51/52/55 se colocan en las posiciones adecuadas para el retrolavado.

Como se ilustra en la presente, las válvulas 51 y 52 son válvulas de selección de succión de bomba de 3 vías. Durante la operación de lavado, si no se usa un líquido de lavado preparado y en su lugar se añaden productos químicos durante el lavado, el filtro 100 no se vacía. En este ejemplo, la válvula 51 está configurada para que el fluido de lavado se extraiga de la parte inferior del filtro 100 para ser lavado, a través del sistema de subdrenaje, filtrando efectivamente cualquier partícula fina del medio filtrante, usando la dirección de flujo de filtración correcta para este propósito, y la válvula 52, otra válvula de 3 vías, está configurada para enviar el fluido de lavado extraído

al tanque de retención 60. Para completar el primer ciclo de ida y vuelta, las válvulas 51 y 52 se configurarán posteriormente para flujo inverso, para permitir que el fluido de lavado vuelva al filtro 100 con una primera tasa de flujo de lavado, regenerando, desinfectando y/o sanitizando así el medio filtrante. En otros ejemplos, la funcionalidad de cada válvula de 3 vías se puede conseguir igualmente con dos válvulas de 2 vías.

En otros ejemplos, si se va a usar un fluido de lavado preparado, el fluido de lavado se preparará en el tanque de retención 60. A continuación, la válvula de selección de succión de la bomba de 3 vías 51 se ajusta para extraer agua del filtro 100 y el agua o líquido de lavado restante en el filtro 100 se extrae a través del sistema de subdrenaje. El fluido extraído se puede reciclar al influjo del tren de tratamiento de agua, o enviar a un tanque de almacenamiento de productos químicos donde se puede tratar para su reutilización o eliminación, o enviar al subdrenaje. Una vez completado este paso, la válvula 51 está configurada para extraer del tanque de retención 60 y la válvula 52 está configurada para enviar la solución/fluido de lavado preparado al filtro 100 (es decir, primera dirección de flujo, contraria al flujo de filtración), de modo que el filtro 100 se llene con el fluido de lavado para la etapa actual. Para completar el ciclo, las válvulas se conmutan para invertir el flujo (es decir, segundo sentido de flujo, mismo sentido de flujo de filtración).

Los sistemas de alimentación de productos químicos 90 estarán configurados operativamente para introducir diversos productos químicos de tratamiento en el fluido de lavado, ya sea antes o durante los ciclos de lavado. Por ejemplo, en el contexto de la invención, particularmente cuando el sistema de filtración se usa para desinfección, el pH del fluido de lavado se controla y/o ajusta para alcanzar un rango de pH de aproximadamente 5,0-7,0 (por ejemplo, 5,0, 5,5, 6,0, 6,5 o 7,0) antes de entrar en el lecho filtrante. Para conseguir este rango de pH, una de las alimentaciones químicas 90 comprenderá un sistema de ajuste del pH (o control del pH). En este ejemplo, el pH deseado se puede conseguir mediante el ajuste del pH inyectando productos químicos ácidos en el fluido de lavado. Un experto en la técnica reconocerá que se puede incorporar cualquier sistema adecuado para controlar y ajustar el pH del agua de lavado.

Aunque el rango de pH anterior es adecuado para la desinfección, puede ser necesario un rango de pH diferente para otras aplicaciones de filtración. Por ejemplo, en realizaciones alternativas, el método inventivo se puede usar para adsorber sustancias no orgánicas, tal como el cloro. Y en otras realizaciones, el método se puede emplear para oxidar contaminantes peligrosos, tales como arsénico o fenoles, filtrados de un flujo de residuos. En este último caso, un experto en la técnica reconocerá que es preferible aumentar el pH en el rango de aproximadamente 8 a aproximadamente 10 (por ejemplo, 8,0, 8,5, 9,0, 9,5 o 10,0) para potenciar el potencial oxidante del ozono por la generación de radicales libres OH^\bullet . En este ejemplo, el pH deseado se puede conseguir mediante el ajuste del pH al inyectar productos químicos alcalinos en el fluido de lavado.

Con referencia de nuevo a la FIG. 3, en operación, el agua se extrae cíclica e intermitentemente de un primer recipiente (es decir, el filtro 100) a un segundo recipiente (es decir, el tanque de retención 60) y posteriormente se devuelve al filtro 100 de manera que no hay consumo neto de agua con cada ciclo, creando por lo mismo un flujo de ida y vuelta. Los productos químicos de tratamiento se pueden añadir al fluido de lavado antes o durante cada etapa de la secuencia de lavado. El tanque de retención 60 puede ser hidroneumático, en donde un gas (por ejemplo, aire) atrapado en la parte superior del tanque 60 se comprime y presuriza el fluido de lavado a medida que el tanque 60 se llena, reduciendo la potencia requerida para pulsar el flujo para la fluidización y estratificación del medio.

Durante la secuencia de lavado, en las realizaciones en donde se requieren uno o más oxidantes, por ejemplo, ozono disuelto, para regenerar y/o sanitizar los medios filtrantes, el oxidante se agota rápidamente y se revierte a oxígeno menos reactivo a medida que pasa a través del lecho estático de medios filtrantes. Esto limita la capacidad del ozono disuelto para infiltrarse en el lecho a unos 5 cm, lo que resulta problemático dado que un lecho filtrante típico tiene una profundidad de 100 cm o más. En estas realizaciones, el problema se puede resolver por fluidización (por pulsos o de otro tipo) dentro del lecho, lo que permite que el medio filtrante se agite y se reasiente hacia el fondo del lecho filtrante, en donde puede ser tratado por el ozono que entra por la parte inferior del filtro 100. Más específicamente, aunque el ozono disuelto pueda penetrar solamente una corta distancia en un filtro, al fluidizar alternativamente el lecho filtrante e introducir agua ozonizada a una tasa de flujo relativamente baja, todo el medio filtrante poroso recibe finalmente el efecto beneficioso del ozono.

En otras realizaciones, se ha comprobado que la fluidización pulsada reduce la cantidad de fluido de lavado necesario para llevar a cabo el proceso de regeneración contemplado. En estas realizaciones, el método de lavado divulgado en la presente comprende además pulsos de agua de lavado para fluidizar brevemente el medio filtrante a fin de renovar el medio granular en el fondo del lecho filtrante con cada pulso. Posteriormente, se introduce ozono disuelto en el fondo del lecho filtrante para regenerar la capacidad de adsorción del medio filtrante renovado. De esta forma, con pulsos repetidos, prácticamente todo el medio filtrante puede ser expuesto al ozono disuelto y tratado durante cada secuencia de lavado.

En ciertas realizaciones, aunque no pretenden ser limitantes, cada pulso de fluido (aire o líquido) se continúa por un periodo dentro del rango de aproximadamente 30 segundos y produce agitación y reordenamiento de los medios filtrantes dentro del lecho filtrante. En otras realizaciones, los pulsos están dentro del rango de aproximadamente

5 a aproximadamente 300 segundos, incluyendo todos los valores y rangos en el mismo.

La fluidización pulsada y el agua de lavado que contiene oxidante de los que se ha hablado anteriormente se pueden introducir por debajo del lecho filtrante, por encima del lecho filtrante, o por ambos. En ciertas realizaciones, usar un pulso de fluidización tanto por encima como por debajo de un lecho filtrante puede aumentar sustancialmente (es decir, duplicar) el impacto de cada pulso de fluidización. Por ejemplo, con referencia a la configuración de la FIG. 2, para aplicar efectivamente el oxidante disuelto desde arriba del lecho filtrante 20, se deben proporcionar medios de control para mantener el nivel del agua cerca de la superficie superior 20a del lecho filtrante 20, de modo que el agua ozonizada se pueda distribuir uniformemente mediante el cabezal 33 sobre la superficie superior 20a del lecho filtrante 20. En otras realizaciones, si la configuración del sistema de lavado incorpora boquillas de lavado superficial (no mostradas, pero conocidas en la técnica), se puede lograr la realización de la limpieza oxidativa bidireccional.

Como se discutió anteriormente, en ciertas configuraciones (ver la FIG. 2), un método alternativo de introducción de oxidantes disueltos en el lecho filtrante 20 emplea el cabezal 32, en donde el cabezal 32 está sumergido en el lecho filtrante 20. El oxidante apropiado se distribuye posteriormente desde el cabezal 32 sobre la sección transversal del lecho filtrante 20, de modo que durante el flujo de lavado ascendente lento (es decir, la primera dirección del flujo de lavado), el medio filtrante alrededor e inmediatamente por encima del cabezal 32 estará expuesto al oxidante, entrará en contacto con él y será tratado por éste. Esta primera dirección de flujo está en la dirección opuesta al flujo de filtración o en la misma dirección de flujo que un flujo típico de retrolavado. Por el contrario, durante el flujo de lavado descendente (es decir, la segunda dirección del flujo de lavado, en la misma dirección del flujo de filtración), el medio filtrante alrededor e inmediatamente debajo del cabezal 32 estará expuesto al oxidante, entrará en contacto con él y será tratado por éste. De hecho, dado que el oxidante recorre solamente una corta distancia a través del lecho filtrante estático 20, este método se puede usar incluso cuando el recipiente/tanque 10 (o recipiente filtrante) no es totalmente resistente al oxidante.

En realizaciones en las que se usa la secuencia de fluidización pulsada/lavado pulsado para renovar la capa de medio filtrante granular más cercana al punto de entrada del oxidante, la capa de medio filtrante se expone al oxidante disuelto que entra en el lecho filtrante, en donde el oxidante entra en el lecho entre los pulsos. De acuerdo con la invención, el lecho filtrante se puede fluidizar por agua de lavado sola, o combinada con aireación a presión para reducir sustancialmente el flujo de agua necesario para fluidizar el lecho. Cuando se usa aire para ayudar a la fluidización, el flujo de agua se puede mantener casi constante y el flujo de aire se puede pulsar para lograr la fluidización periódica necesaria.

Durante la secuencia de lavado, cada flujo de ida y vuelta (o ciclo), con o sin pulsos iniciales, se repite tantas veces como sea necesario para lograr el lavado (regeneración, desinfección y/o sanitización) deseado de los medios, produciendo así un fluido de lavado procesado. La secuencia completa de lavado puede incluir varias etapas en las que se añaden diferentes productos químicos al agua de lavado para ayudar a limpiar los medios, y entre etapas los medios se pueden lavar con agua limpia, o drenar a un tanque de almacenamiento y tratamiento si los productos químicos de limpieza se van a reciclar.

Por ejemplo, en ciertas realizaciones, aunque no pretenden ser limitantes, un número suficiente de ciclos con la etapa de lavado es 10, y dentro del rango de aproximadamente 1 a 200 ciclos, (por ejemplo, 1, 2, 3, 4, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 100, 150, 200), incluyendo todos los valores, rangos y subrangos en el mismo (por ejemplo, 1-3, 1-5, 1-10, 2-5, 2-9, 2-10, 5-10, 8-10, 10-15, 10-20, 15-20, 15-30, 10-50, 50-100, 50-200). En ciertas realizaciones, el número de etapas es 1, y estará en el rango de aproximadamente 1 a aproximadamente 6, (por ejemplo, 1, 2, 3, 4, 5, 6), incluyendo todos los valores, rangos y subrangos en el mismo (por ejemplo, 1-2, 1-3, 1-4, 1-5, 2-3, 2-4, 2-5, 2-6, 3-4, 3-5, 3-6, 4-5, 4-6, 5-6). Independientemente del número de ciclos o etapas, la secuencia de lavado continúa hasta que el medio filtrante se regenera, sanitiza, desinfecta o limpia lo suficiente como para volver al modo de filtración. El número exacto de ciclos de lavado y etapas requeridas dependerá de muchos factores, que incluyen pero no se limitan a los contaminantes presentes en el agua tratada, el medio filtrante y la configuración del sistema.

Aunque no pretende ser limitante, en una configuración típica de filtro, la secuencia de lavado tendrá una tasa de flujo descendente (hacia abajo) típicamente en el rango de aproximadamente 2 a aproximadamente 50 m/h, (por ejemplo, 2, 3, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50 m/h), incluyendo cualquier y todos los rangos y subrangos en el mismo (por ejemplo, 2-50, 3-50, 5-50, 2-40, 5-20, 5-30, 5-40, 10-50, 10-30, 20-50, 30-50 m/h).

La velocidad del flujo de fluido empleada durante el flujo ascendente hacia los filtros es suficiente para lograr una fluidización sustancial, o preferiblemente completa, del lecho filtrante. A efectos de esta aplicación, esto se denomina velocidad mínima de fluidización. En realizaciones preferidas de la invención, la velocidad mínima de fluidización está comprendida entre aproximadamente 15-50 m/h, incluyendo todos y cada uno de los rangos y subrangos en el mismo, con una velocidad preferida de aproximadamente 40 m/h. En ciertas realizaciones, dependiendo del tamaño de las partículas porosas y de otros factores tales como el volumen del tanque, etc., la velocidad mínima de fluidización variará de aproximadamente 5 m/h a aproximadamente 60 m/h, (por ejemplo, 5, 10, 15, 15.5, 20, 25, 30, 40, 50, 60 m/h), incluyendo todos y cada uno de los rangos y subrangos en el mismo (por

ejemplo, 5-8, 5-9, 5-10, 5-20, 5-30, 5-50, 10-20, 10-30, 20-50, 20-60, 10-60, 30-50, 30-60 m/h).

En realizaciones que usan las tasas de flujo anteriores, el paso de lavado en la dirección de flujo ascendente tendrá una duración de aproximadamente 60 segundos, o en el rango de aproximadamente 5 a 300 segundos (por ejemplo, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 15, 20, 30, 40, 50, 60, 100, 150, 200, 250, 300 segundos), incluyendo todos y cada uno de los rangos y subrangos en el mismo (por ejemplo, 5-10, 5-20, 5-30, 5-60, 5-100, 5-200, 10-60, 10-100, 10-150, 10-200, 10-300, 50-100, 50-200, 50-300, 100-150, 100-200, 200-300 segundos). En cambio, si se usa una tasa de flujo de fluidización pulsada (con aire o líquido), el paso de lavado en la dirección de flujo ascendente tendrá una duración de aproximadamente 6 minutos, o en el rango de aproximadamente 1 a 20 minutos, (por ejemplo, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 13, 15, 18, 20 minutos), incluyendo todos y cada uno de los rangos y subrangos en el mismo (por ejemplo, 1-5, 1-6, 1-10, 2-6, 5-6, 6-7, 6-10, 6-15, 5-10, 5-20, 10-20, 15-20 minutos).

En estas realizaciones, la velocidad de fluidización pulsada variará de aproximadamente 5 m/h a aproximadamente 60 m/h (por ejemplo, 5, 10, 15, 15,5, 20, 25, 30, 40, 50, 60 m/h), incluyendo todos y cada uno de los rangos y subrangos en el mismo (por ejemplo, 5-8, 5-9, 5-10, 5-20, 5-30, 5-50, 10-20, 10-30, 20-50, 20-60, 10-60, 30-50, 30-60 m/h). La elevada tasa de flujo inicial necesaria para introducir una tasa de flujo de fluidización pulsada se puede conseguir de diversas maneras. Por ejemplo, se puede lograr usando un tanque de retención hidroneumático, aumentando momentáneamente la velocidad de la bomba de lavado 35 o abriendo momentáneamente una derivación alrededor de un limitador de flujo (no mostrado).

En realizaciones ejemplares, el volumen de agua necesario para lavar el medio filtrante se reducirá sustancialmente en al menos 50 %, o en un rango de aproximadamente 10 a aproximadamente 90 %. Por ejemplo, en ciertas realizaciones el volumen de fluido de lavado necesario será solamente de 2 volúmenes de lecho, o en el rango de aproximadamente 1 a 10 volúmenes de lecho (por ejemplo, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 volúmenes de lecho), incluyendo todos los valores, rangos y subrangos en el mismo (por ejemplo, 1-10, 1-2, 1-3, 1-5, 1-8, 2-3, 2-5, 2-7, 2-10, 3-5, 3-10, 4-5, 5-6, 5-9, 5-10, 6-9 volúmenes de lecho). Un experto en la técnica reconocerá, sin embargo, que el volumen requerido dependerá en gran medida del tipo de sustancias orgánicas adsorbidas, del medio filtrante y de la configuración general del sistema.

En ciertas realizaciones, cada ciclo de lavado completo (es decir, con flujo de ida y vuelta) dura entre aproximadamente 2 y 20 minutos, preferiblemente aproximadamente 5 minutos. En otros, cada ciclo de lavado completo dura entre aproximadamente 1 y aproximadamente 60 minutos (por ejemplo, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 13, 15, 18, 20, 21, 25, 30, 40, 50, 55, 60 minutos), incluidos todos y cada uno de los rangos y subrangos en el mismo (por ejemplo, 1-5, 1-6, 1-10, 1-40, 1-50, 2-6, 2-10, 2-25, 5-6, 5-10, 5-20, 5-30, 5-50, 5-60, 6-7, 6-10, 6-15, 10-15, 10-20, 10-40, 15-20, 15-40 minutos).

En ciertas realizaciones, toda la secuencia de lavado (todas las etapas) dura entre aproximadamente 60 minutos y 240 minutos, preferiblemente aproximadamente 120 minutos. En otros, cada ciclo dura entre aproximadamente 10 y aproximadamente 480 minutos (por ejemplo, 10, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 65, 70, 80, 90, 100, 120, 125, 140, 150, 200, 300, 320, 400, 450, 480 minutos), incluidos todos y cada uno de los rangos y subrangos en el mismo (por ejemplo, 10-20, 10-60, 10-120, 10-480, 15-20, 15-40, 60-100, 60-120, 60-150, 60-200, 60-300, 60-480, 100-120, 120-150, 120-240, 120-300, 120-400 minutos).

Aunque los rangos anteriores son típicos, la duración será diferente de un filtro a otro y por lo tanto se debe determinar experimentalmente. Por ejemplo, en algunas realizaciones, dependiendo de varios factores (por ejemplo, la naturaleza y la cantidad de los orgánicos adsorbidos y el material que se debe eliminar, la profundidad y la composición del lecho filtrante, el número de filtros que se deben limpiar, el tiempo de residencia necesario, la temperatura, etc.), una secuencia de lavado puede durar más de 480 minutos (8 horas o más). Se puede optimizar un tiempo de secuencia de lavado predeterminado para obtener un nivel deseado de sanitización, y también de regeneración cuando proceda, de acuerdo con los conocimientos de los expertos en la técnica (por ejemplo, para la sanitización, se puede incluir una medición de RLU (por sus siglas en inglés) de una muestra de agua extraída del lecho, u otro marcador biológico similar). Aunque el tiempo de la secuencia de lavado puede variar dependiendo de cada sistema, el tiempo de inactividad del sistema será mínimo y el sistema podrá volver al modo de operación normal inmediatamente después de la secuencia de lavado.

A modo de ejemplo únicamente, y sin pretender ser limitante, en la Tabla 1 se muestra una secuencia típica que emplea un tanque de retención para lavar un único filtro, como se muestra en la FIG. 3:

Tabla 1

Paso	Detalles	Detalles (alternativos/opcionales)
1	Las válvulas del filtro 50(a-e) están configuradas para flujo de retrolavado (contracorriente al flujo de filtración), a saber, válvula 50a abierta, válvula 50b cerrada, válvula 50c abierta, válvula 50d cerrada, válvula 50e cerrada. La válvula 49 está	<p><i>Configuración alternativa:</i></p> <p>Si el tanque de retención 60 es hidroneumático, la válvula de drenaje 53 y el respiradero 54 están cerrados, y la válvula 50a está cerrada.</p>

Paso	Detalles	Detalles (<i>alternativos/opcionales</i>)
	cerrada y la válvula 55 está abierta.	
2	Se prepara un líquido de lavado en el tanque de retención 60 y se drena el filtro 100; es decir, se abre la válvula 50e para drenar el líquido fuera del filtro 100. El agua que queda en el filtro 100 se extrae de manera descendente a través del sistema de subdrenaje, en donde se puede reciclar al influjo del tren de tratamiento de agua o enviar al subdrenaje.	<i>Si se desea, omitir el paso 2:</i> Si se añaden productos químicos de tratamiento durante la secuencia de lavado mediante, por ejemplo, el cabezal 33 (ver la FIG. 2) o las estaciones de alimentación de productos químicos 90, no es necesario disponer de un fluido de lavado preparado en el tanque de retención 60.
3	La bomba de lavado 35 se pone en marcha.	
4	El agua se transfiere del filtro 100 al tanque de retención 60: La válvula 51 está configurada para extraer líquido del filtro 100, la válvula 52 está configurada para enviar líquido al tanque de retención desde el filtro 100 en una primera dirección de extracción descendente y tasa de flujo, en donde la primera dirección de extracción descendente es equivalente a la dirección de flujo de filtración del filtro 100. El agua que queda en el filtro 100 se extrae de manera descendente a través del sistema de subdrenaje y se usa para llenar el tanque de retención 60.	<i>Si se incluye el paso 2, omitir el paso 4.</i>
5	Las válvulas 51 y 52 están invertidas, es decir, la válvula 52 está configurada para extraer el líquido de lavado 70 del tanque de retención 60 y la válvula 51 está configurada para enviar el líquido de lavado 70 al filtro 100 en una primera dirección de flujo de lavado (es decir, dirección de flujo inversa para el filtro 100), de modo que el filtro 100 se llene sustancialmente, si no completamente, con líquido de lavado, sin desbordarse.	
6	Si es necesario calentar el líquido de lavado, se enciende un calentador (no se muestra). Si se va a ozonizar el líquido de lavado, se pone en marcha el sistema de ozono 80. Si hay que dosificar productos químicos en el fluido de lavado durante la secuencia de lavado, se ponen en marcha las correspondientes bombas dosificadoras de la estación de alimentación de productos químicos 90.	
7	Las válvulas 51 y 52 están configuradas para extraer el fluido de lavado desde el filtro 100 hasta el tanque de retención 60.	
8	El fluido lavado se extrae de manera descendente en el filtro 100 en una dirección de extracción descendente y a una tasa de flujo de extracción descendente, hasta que la superficie superior del fluido lavado del proceso alcanza la superficie superior del lecho filtrante.	Si el filtro 100 incorpora un cabezal/boquillas de lavado superficial 33 (ver la FIG. 3), se puede introducir un oxidante (por ejemplo ozono disuelto) durante este paso a través del cabezal 33, a una tasa de flujo menor a la tasa de flujo de extracción, para tratar la capa superior del lecho filtrante 20.
9	El fluido de lavado del filtro 100 se bombea mediante la bomba de lavado 35 en una segunda dirección de flujo de lavado hacia el tanque de retención 60.	<i>Opcionalmente</i> , el fluido de lavado pasará a través del sistema de inyección de ozono 80, la estación de alimentación de productos químicos 90 y/o un calentador antes de entrar en el tanque de retención 60.
10	Las válvulas 51 y 52 están configuradas para extraer el fluido de lavado del tanque de retención 60 hacia el filtro 100, donde el fluido de lavado se bombea mediante la bomba 35 a través del lecho filtrante en una dirección de flujo de lavado primera/hacia delante (es decir, dirección de flujo inversa para el filtro 100).	<i>Opcionalmente</i> , el fluido de lavado pasará a través del sistema de inyección de ozono 80, la estación de alimentación de productos químicos 90 y/o un calentador antes de entrar en el filtro 100.
11	Paso de fluidización: La tasa de flujo del fluido de lavado en el lecho filtrante se incrementa por un periodo determinado hasta una tasa de flujo de fluidización suficiente para fluidizar el medio filtrante y renovar así la capa/porción inferior del lecho filtrante, exponiendo así el medio filtrante dentro de la capa inferior renovada al ozono disuelto o a los productos químicos de tratamiento que entran por la parte inferior del	<i>Opcionalmente</i> , se puede introducir aire a presión durante este paso a través del sistema de subdrenaje para fluidizar el lecho filtrante con menos flujo de agua durante más tiempo. <i>Opcionalmente</i> , cuando se requieren oxidantes, se usa un paso de pulso fluidizante para renovar la capa inferior del lecho filtrante. Se puede usar la introducción intermitente de aire a presión para fluidizar el lecho sin cambiar el flujo de agua. Alternativamente, la fluidización pulsada se

Paso	Detalles	Detalles (<i>alternativos/opcionales</i>)
	lecho filtrante.	consigue por periodos intermitentes de una tasa de flujo del fluido de lavado (igual o mayor a la tasa de fluidización).
12	La tasa de flujo del fluido de lavado hacia el lecho filtrante se reduce a una tasa menor a la tasa de flujo de fluidización, y el flujo de fluido de lavado hacia el filtro 100 continúa hasta que el filtro 100 está lleno, sin desbordarse.	
13	Los pasos 7 a 12 se repiten tantas veces como sea necesario para alcanzar el nivel deseado de regeneración y/o sanitización para la etapa actual.	
14	El calentador, el sistema de ozono 80 y las bombas dosificadoras 90 se apagan.	
15	Si se va a lavar el filtro 100, las válvulas 50a, 50c y 49 se abren por un tiempo suficiente para el lavado y posteriormente se cierran. La válvula de drenaje 53 y el respiradero 54 se abren para drenar el tanque de retención 60.	
16	Una vez que se vacía el tanque de retención 60, la válvula de drenaje 53 se cierra para que el líquido de lavado se pueda preparar en el tanque si es necesario para una etapa subsecuente.	
17	Los pasos 2 a 16 se repiten en cada etapa de la secuencia para producir un fluido de lavado procesado.	
18	La bomba de lavado 35 se detiene, la válvula 55 se cierra y la válvula 49 se abre.	
19	Las válvulas del filtro vuelven a su posición de operación: 50a cerrado, 50b abierto, 50c cerrado, 50d abierto, 50e cerrado.	

Siguiendo los pasos anteriores, el método de lavado realiza por lo mismo una etapa de lavado con un fluido de lavado al hacer circular un flujo del fluido de lavado entre el primer y segundo recipiente en una primera y segunda dirección de flujo para producir un flujo de ida y vuelta del fluido de lavado a través del medio adsorbente. Durante la etapa de lavado, el flujo de ida y vuelta del fluido de lavado entre el primer y el segundo recipiente se realiza durante un número suficiente de ciclos y un periodo suficiente para regenerar al menos parcialmente el medio adsorbente, produciendo por lo mismo un fluido de lavado procesado. Posteriormente, se interrumpe el flujo de ida y vuelta del fluido de lavado procesado entre el primer y el segundo recipiente. Después de la etapa de lavado, el fluido de lavado procesado se drenará del primer recipiente y/o del segundo recipiente, y el sistema volverá al flujo de filtración. Además, el método puede comprender uno o más pasos de tratamiento de residuos, cada uno de los cuales es bien conocido en la técnica, a saber: lavado del primer recipiente, lavado del segundo recipiente, descarga del fluido de lavado procesado a los residuos, neutralización del fluido de lavado procesado, tratamiento del fluido de lavado procesado para generar al menos un fluido de lavado adicional para su reutilización, y/o aclarado del medio adsorbente.

La FIG. 4 ilustra otra realización del método de acuerdo con la invención. En esta figura, se muestra una representación esquemática de una realización alternativa de un método de lavado de filtros de acuerdo con la invención, en donde el sistema de tratamiento de agua 300 emplea dos o más filtros simultáneamente en parejas (en lugar de un tanque de retención) de acuerdo con el método de lavado con carbón. En esta configuración, el sistema de tratamiento de agua es un sistema de filtración que comprende múltiples filtros (por ejemplo, filtro 100, 110, 120 y 130), en donde el filtro 100 comprende un primer lecho filtrante, el filtro 110 comprende un segundo lecho filtrante, el filtro 120 comprende un tercer lecho filtrante, y el filtro 130 comprende un cuarto lecho filtrante. De acuerdo con este sistema y método, siempre que uno o más pares de unidades/elementos filtrantes dentro del sistema de filtración se puedan poner fuera de servicio al mismo tiempo, el método y sistema de lavado de flujo de ida y vuelta divulgado en la presente se puede implementar entre uno o más pares de filtros en el sistema 300, sin necesidad de un tanque de retención. Aunque no pretende ser limitante, esta configuración del sistema se usaría típicamente cuando el sistema de tratamiento de agua tiene varios filtros y capacidad de filtración de reserva, capacidad de almacenamiento de agua filtrada o demanda de agua no continua, y los materiales de construcción de los filtros son compatibles con los productos químicos necesarios para el lavado.

Más específicamente (y solamente a modo de ejemplo), en lugar de usar un tanque de retención, el sistema 300 está configurado operativamente para permitir que el agua de lavado fluya de un lado a otro entre los filtros 100 y 110, que han sido puestos fuera de servicio, proporcionando específicamente que el agua sea extraída intermitentemente del filtro 100 al filtro 110, posteriormente retirada del filtro 110 y devuelta al filtro 100, logrando así que no haya consumo neto de agua de lavado dentro de cada ciclo de lavado.

De acuerdo con esta configuración, se pueden añadir productos químicos al agua de lavado antes de cada etapa o durante cada etapa de la secuencia de lavado. Aunque las referencias numéricas usadas en la presente se refieren a los filtros 100 y 110 de la FIG. 4, se puede lavar cualquier par de filtros a la vez. El sistema 300 puede comprender una corriente de agua de alimentación 302, una corriente de reciclado o de residuos 303, y/o una corriente de proceso/distribución 301.

En esta configuración, como se muestra en la FIG. 4, el sistema de lavado 300 comprende además una pluralidad de válvulas adicionales 50a-e, 150a-e, 250a-e, y 350a-e (típicamente incluidas con filtros de presión de lecho fijo), 153, 49, 149, 249, 349, y una bomba de lavado 135. Opcionalmente, en los ejemplos divulgados en la presente, el

sistema 300 comprende un dispositivo de disolución por ozono 180, un calentador 181 y una alimentación química 190. El sistema también comprenderá las tuberías apropiadas y controles automáticos configurados operativamente con válvulas de tres vías 151, 52, 152, 252, 352 para invertir periódicamente, o alternar, el flujo de agua de lavado para el lavado de ida y vuelta. En ciertas realizaciones, este proceso será automatizado; sin embargo, estas y otras válvulas pueden ser manuales o automáticas, de acuerdo con la elección del diseño o la configuración del sistema.

Aunque no pretende ser limitante, en la Tabla 2 se muestra una secuencia típica en donde uno o más filtros se lavan por parejas como se muestra en la FIG. 4.

Tabla 2

Paso	Detalles	Detalles (<i>alternativos/opcionales</i>)
1	Las válvulas de filtración 50 del par de filtros objetivo (aquí, 100 y 110) están configuradas para el flujo de retrolavado (contracorriente al flujo de filtración), a saber, válvula 50a y 150a abiertas, válvula 50b y 150b cerradas, válvula 50c y 150c abiertas, válvula 50d y 150d cerradas, válvula 50e y 150e cerradas. Las válvulas 49 y 149 están cerradas.	
2	La bomba de lavado 35 se pone en marcha.	
3	Se prepara un fluido de lavado en el tanque de almacenamiento de fluido de lavado/solución 165.	<i>Si se desea, omitir el paso 3.</i> Si se van a añadir productos químicos de tratamiento durante la secuencia de lavado, no es necesario disponer de un fluido de lavado preparado en el tanque de almacenamiento de fluido de lavado 165.
4	Se drenan los filtros 100 y 110: Las válvulas 50e y 150e se abren para drenar el líquido de los filtros 100 y 110. El agua que queda en los filtros 100 y 110 se extrae a través del sistema de subdrenaje, en donde se puede reciclar al influjo del tren de tratamiento de agua o enviar al subdrenaje.	<i>Si se desea, omitir el paso 4.</i> Si el paso 3 no es necesario, el filtro 100 no se vacía.
5	La válvula 151 está configurada para extraer fluido de lavado del tanque de almacenamiento de fluido de lavado 165 y la válvula de entrada/salida del filtro 52 está configurada para enviar fluido de lavado al filtro 100 en una primera dirección de flujo de lavado (es decir, dirección de flujo inversa para el filtro 100), de modo que el filtro 100 se llene sustancialmente, si no completamente, con el fluido de lavado, sin desbordarse.	<i>Si se desea, omitir el paso 5.</i> Si los pasos 3 y 4 no son necesarios, el filtro 100 no se llena con líquido de lavado preparado procedente del tanque de almacenamiento 165.
6	Si es necesario calentar el líquido de lavado, se enciende el calentador 81. Si se va a ozonizar el líquido de lavado, se pone en marcha el sistema de ozono 80. Si hay que dosificar productos químicos en el fluido de lavado durante la secuencia de lavado, se ponen en marcha las correspondientes bombas dosificadoras de la estación de alimentación de productos químicos 90.	
7	Las válvulas 151 y 52 están configuradas para extraer el fluido de lavado del filtro 100, mientras que la válvula 152 está configurada para enviar el fluido de lavado al filtro 110.	
8	El fluido de lavado se aspira en el filtro 100 en una primera dirección de flujo de extracción descendente (es decir, dirección de flujo de filtración para el filtro 100) y a una primera tasa de flujo de extracción descendente, y la bomba de lavado 135 bombea el fluido de lavado al filtro 110.	<i>Opcionalmente</i> , si el filtro 100 incorpora el cabezal/boquillas de lavado superficial 33 (ver la FIG. 3), se puede introducir un oxidante (por ejemplo ozono disuelto) durante este paso a través del cabezal 33, a una tasa de flujo menor a la primera tasa de flujo de extracción descendente, para regenerar y/o sanitizar la capa superior del lecho filtrante del filtro 100.
9	El fluido de lavado se bombea a través del lecho filtrante del filtro 110 en una segunda dirección de	<i>Opcionalmente</i> , el fluido de lavado pasará a través del sistema de inyección de ozono 80, la

Paso	Detalles	Detalles (<i>alternativos/opcionales</i>)
	flujo de lavado (es decir, dirección de flujo inversa a través del filtro 110).	estación de alimentación de productos químicos 90 y/o un calentador antes de entrar en el filtro 110.
10	Paso de fluidización:	<i>Opcionalmente</i> , se puede introducir aire a presión durante este paso a través del sistema de subdrenaje para fluidizar el lecho filtrante del filtro 110 con menos flujo de agua.
	La tasa de flujo del fluido de lavado en el lecho filtrante del filtro 110 se incrementa por un periodo determinado hasta una tasa de flujo de fluidización suficiente para fluidizar el medio filtrante en el filtro 110 y renovar así la capa/porción inferior del lecho filtrante, exponiendo así el medio filtrante dentro de la capa inferior renovada al ozono disuelto o a los productos químicos de tratamiento que entran por la parte inferior del filtro 110.	<i>Opcionalmente</i> , se usa un paso de pulso fluidizante para renovar la capa inferior del lecho filtrante del filtro 110. Por ejemplo, la fluidización pulsada se puede alcanzar al introducir aire a presión de forma intermitente (es decir, pulsada) para fluidizar el lecho sin cambiar el flujo de agua, o por periodos intermitentes de un flujo de fluido de lavado igual o mayor a la tasa de fluidización.
11	La tasa de flujo del fluido de lavado hacia el lecho filtrante del filtro 110 se reduce a una tasa menor a la tasa de flujo de fluidización, y el flujo de fluido de lavado hacia el filtro 110 continúa hasta que el filtro 110 está lleno, sin desbordarse.	
12	La dirección del flujo se invierte posteriormente cambiando las posiciones de las válvulas 151, 52 y 152 para que el fluido de lavado pase del filtro 110 al filtro 100.	
13	El fluido de lavado se extrae de manera descendente en el filtro 110 en una segunda dirección de flujo de extracción descendente (es decir, dirección de flujo de filtración para el filtro 110) y a una segunda tasa de flujo de extracción descendente, y la bomba de lavado 135 bombea el fluido de lavado al filtro 100.	<i>Opcionalmente</i> , si el filtro 110 incorpora un cabezal/boquillas de lavado superficial 33, se puede introducir un oxidante (por ejemplo, ozono disuelto) durante este paso a través del cabezal 33, a una tasa de flujo menor a la segunda tasa de flujo de extracción, para regenerar y/o sanitizar la capa superior del lecho filtrante del filtro 110.
14	El fluido de lavado se bombea a través del lecho filtrante del filtro 100 en una primera dirección de flujo de lavado (es decir, dirección de flujo inversa a través del filtro 100).	<i>Opcionalmente</i> , el fluido de lavado pasará a través del sistema de inyección de ozono 80, la estación de alimentación de productos químicos 90 y/o un calentador antes de entrar en el filtro 100.
15	Paso de fluidización:	<i>Opcionalmente</i> , se puede introducir aire a presión durante este paso a través del sistema de subdrenaje para fluidizar el lecho filtrante del filtro 100 con menos flujo de agua.
	La tasa de flujo del fluido de lavado en el lecho filtrante del filtro 100 se incrementa por un periodo determinado hasta una tasa de flujo de fluidización suficiente para fluidizar el medio filtrante en el filtro 100 y así renovar la capa/porción inferior del lecho filtrante, exponiendo así el medio filtrante dentro de la capa inferior renovada al ozono disuelto o a los productos químicos de tratamiento que entran por la parte inferior del filtro 100.	<i>Opcionalmente</i> , se usa un paso de pulso fluidizante para renovar la capa inferior del lecho filtrante del filtro 100. Por ejemplo, la fluidización pulsada se puede alcanzar al introducir aire a presión de forma intermitente (es decir, pulsada) para fluidizar el lecho sin cambiar el flujo de agua, o por periodos intermitentes de un flujo de fluido de lavado igual o mayor a la tasa de fluidización.
16	Los pasos 7 a 15 se repiten tantas veces como sea necesario para alcanzar el nivel deseado de regeneración y/o sanitización del medio filtrante.	
17	El calentador 85, el sistema de ozono 80 y las bombas dosificadoras 90 están apagados.	
18	Si hay que lavar los filtros 100 y 110, las válvulas 50a, 150a, 49 y 149 se abren por un tiempo suficiente para el lavado y posteriormente se cierran.	
19	Los pasos 3 a 18 se repiten para cada etapa de la secuencia.	
20	La bomba de lavado 35 se detiene y las válvulas 49 y 149 se abren.	
21	Las válvulas del filtro vuelven a sus posiciones de operación: válvulas 50a y 150a cerradas, válvulas 50b y 150b abiertas, válvulas 50c y 150c cerradas, válvulas 50d y 150d abiertas, válvulas 50e y 150e cerradas.	

La FIG. 5 ilustra otra realización del método de acuerdo con la invención en un sistema de tratamiento de aguas. En esta figura, se muestra una representación esquemática de una configuración de sistema de lavado de filtros 400, en donde el método y/o sistema de lavado de carbón puede lavar dos o más filtros 410 y 420 simultáneamente en pares y/o, periódicamente, puede lavar los medios filtrantes granulares de los filtros 410 y 420 en una lavadora externa 472/473. De acuerdo con esta configuración, el sistema 400 comprende una corriente de agua de alimentación 402, una corriente de reciclado o de residuos 403, y una corriente de proceso/distribución 401.

Por ejemplo, esta configuración particular es apropiada para los grandes filtros de gravedad municipales de GAC, contruidos usualmente de hormigón que se dañaría con productos químicos de limpieza fuertes. El medio filtrante

granular se puede lavar *in situ* para controlar el crecimiento bacteriano y el ensuciamiento superficial del medio, y ocasionalmente lavarse en la primera y/o segunda lavadora externa 472 y/o 473 para una limpieza más profunda con productos químicos fuertes. En esta configuración, aunque no pretende ser limitante, el valor de selección de 3 vías 459 determina si el lavado se realiza en los filtros 410/420 o en las lavadoras externas 472/473. El sistema 400 incluye además un tanque de retención/almacenamiento 465 para preparar y almacenar un fluido/solución de lavado preparado.

La secuencia de lavado en esta realización, incluyendo la lavadora externa, es esencialmente la misma que la descrita para lavar un par de filtros (ver, por ejemplo, FIG. 4), sin embargo en la configuración mostrada en la FIG. 5, se pueden usar productos químicos más fuertes. Asimismo, de acuerdo con la invención, no se debe usar aireación a presión y/u ozono disuelto en la primera y segunda lavadoras externas 472/473 cuando el fluido de lavado contenga disolventes inflamables, sosa cáustica o tensioactivos que tiendan a formar espuma.

Durante la etapa en la que el lavado se debe completar externamente, esta realización incluirá el paso adicional de transferir el medio filtrante a lavar a las lavadoras externas. Más específicamente, los medios filtrantes granulares a regenerar y/o sanitizar se transferirían de los filtros 410 y/o 420 a la lavadora externa 472 y posteriormente se devolverían a los filtros originales una vez finalizado el lavado. Por ejemplo, en ciertas realizaciones y como se muestra en la FIG. 5, un método de transferencia de medios filtrantes desde el filtro 410 a la lavadora 472 es mediante medios de transferencia de filtros, en donde los medios de transferencia de filtros comprenden una o más boquillas (o eductor) 430 portátiles o móviles que aspiran una lechada de los medios filtrantes desde el filtro 410 a la lavadora 472.

En ciertas configuraciones, las plantas municipales y otras plantas de tratamiento de agua de gran tamaño tendrán múltiples filtros construidos de hormigón, en donde el volumen de carbón en cada filtro es demasiado grande para lavarlo todo a la vez en una lavadora externa de tamaño razonable. En este caso, una primera fracción de medios filtrantes de un filtro se enviará a la lavadora externa y el resto se superpondrá a otro filtro (es decir, uno que no se esté limpiando), de modo que los medios filtrantes se puedan lavar por lotes. Esto continuará hasta que el primer filtro que se está limpiando esté vacío, y el paso de rellenar el primer filtro con medios limpios puede comenzar. Este proceso se repite posteriormente con cada uno de los filtros que quedan por limpiar. El medio filtrante limpio se puede devolver al lecho original, por ejemplo, usando los mismos medios de transferencia del filtro para transferir una lechada de medio filtrante limpio desde la lavadora 472 al lecho filtrante 410. Durante la operación, el flujo a través de uno o más eductores 430 se detiene periódicamente y se redirige al punto de aspiración para aflojar los medios y para que el recipiente receptor (es decir, la lavadora externa o el filtro, dependiendo de qué dirección) no se desborde.

En esta configuración, como se muestra en la FIG. 5, el sistema de lavado 400 comprende adicionalmente una pluralidad de válvulas adicionales 450a-d y 550a-d (típicamente incluidas con filtros de gravedad de lecho fijo), 453, y una bomba de lavado 485. Opcionalmente, en los ejemplos divulgados en la presente, el sistema 400 comprende un dispositivo de disolución por ozono 480, un calentador 481 y una alimentación química 490. El sistema también comprenderá las tuberías apropiadas y controles automáticos configurados operativamente con válvulas de tres vías 451, 452, 459 y 552 para invertir periódicamente, o alternar, el flujo de agua de lavado para el lavado de ida y vuelta. En ciertas realizaciones, este proceso será automatizado; sin embargo, estas y otras válvulas pueden ser manuales o automáticas, de acuerdo con la elección del diseño o la configuración del sistema.

Aunque las configuraciones divulgadas en las FIG. 1-5 han descrito sistemas de filtración de agua que usan un medio filtrante granular tal como el GAC como material adsorbente, la novedosa metodología de lavado divulgada en la presente también se puede usar con sistemas de tratamiento de agua que incorporen o utilicen también un sistema de carbón activado en polvo (PAC). Con referencia a la FIG. 6, se muestra una representación esquemática de un sistema de lavado para la lechada de PAC 600, que se puede usar para tratar el PAC usado. En esta configuración, el sistema de lavado de carbón 600 comprende, entre otras cosas, un tanque de retención de líquido de lavado 465 y una o dos lavadoras externas 572/573. En la práctica, la lechada del PAC agotado (574/575) se transfiere al (a los) tanque(s) de lavado 572/573, en donde las lavadoras externas típicamente tienen un falso fondo de placa porosa 39 para separar el polvo de PAC del fluido de lavado a medida que se extrae de la lavadora. En esta configuración, el sistema de lavado de ida y vuelta usará tasas de flujo de fluido de lavado más bajas y tiempos de ciclo más largos. Por ejemplo, aunque no pretende ser limitante, la secuencia de lavado tendrá una tasa de flujo de extracción (de manera descendente) y una tasa de flujo de fluidización (de manera ascendente) típicamente en el rango de aproximadamente 1 a aproximadamente 10 m/h (por ejemplo, 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10 m/h), incluyendo todos y cada uno de los rangos y subrangos en el mismo (por ejemplo, 1-10, 2-10, 3-10, 5-10, 1-5, 1-6, 2-5, 2-8, 4-5, 5-6, 5-8, 5-10, 7-10, 9-10 m/h).

En realizaciones que usan estas tasas de flujo, el paso de lavado para cada ciclo en cada dirección de flujo tendrá una duración de aproximadamente 30 minutos, o en el rango de aproximadamente 5 a 300 minutos (por ejemplo, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 15, 20, 21, 25, 30, 31, 33, 35, 40, 50, 55, 60, 100, 200, 300 minutos), incluyendo todos y cada uno de los rangos y subrangos en el mismo (por ejemplo, 5-6, 5-10, 5-20, 5-30, 5-50, 5-60, 5-200, 10-15, 10-20, 10-30, 15-20, 15-30, 15-40, 20-30, 25-30, 30-35, 30-40, 30-60 minutos).

El sistema y proceso de lavado en este ejemplo, incluyendo la lavadora externa, es esencialmente el mismo que la secuencia descrita para lavar un par de filtros (ver, por ejemplo, la FIG. 5), sin embargo en la configuración mostrada en FIG. 6 para un sistema PAC, se pueden usar productos químicos más fuertes. Asimismo, de acuerdo con la invención, el ozono disuelto no se debe usar en las lavadoras externas 572/573 cuando el líquido de lavado contenga disolventes inflamables, sosa cáustica o tensioactivos que tiendan a formar espuma.

En realizaciones de la invención, el ozono gaseoso se puede introducir o mezclar directamente en el agua de lavado para producir espontáneamente ozono disuelto en el fluido de lavado inmediatamente antes de su introducción en el lecho filtrante. Alternativamente, y refiriéndonos a la FIG. 7, en ciertas configuraciones (aunque no es necesario), el dispositivo de disolución de ozono 80 comprende un novedoso tanque de disolución de ozono 91 (o "Tanque de Contacto de Ozono 91"). El tanque de contacto de ozono 91 se emplea para producir ozono disuelto, más específicamente una solución microburbujeada de ozono.

En los ejemplos divulgados en la presente, el tanque de disolución de ozono 91 está diseñado para promover la formación de microburbujas de ozono, que tardan en salir de la suspensión en el agua ozonizada. La formación de microburbujas de ozono cumple dos funciones. En primer lugar, ayuda a garantizar que el ozono disuelto en el fluido de lavado o solución de tratamiento llegue a todos los puntos del sistema de subdrenaje de los grandes filtros municipales. En segundo lugar, la formación y presencia de microburbujas de ozono en el fluido de lavado permite que el ozono llegue más profundo (o más lejos) en un lecho de filtración de carbono estático, en donde el ozono disuelto se extingue rápidamente al reaccionar con los gránulos de carbono. Como se divulga en la presente, al usar el tanque de contacto de ozono 91, el ozono inicialmente se dispone dentro de las microburbujas así como se disuelve en el fluido de lavado. A medida que el líquido de lavado ozonizado se desplaza por el lecho filtrante, el ozono de las microburbujas se disuelve gradualmente en el agua, y el ozono disuelto en el líquido de lavado se agota posteriormente a un ritmo más gradual, permitiendo así que el ozono penetre más profundamente en el lecho filtrante antes de reaccionar con el carbono y desaparecer.

En ciertas configuraciones, el tanque de disolución de ozono 91 tiene dos cámaras, y tres regímenes de presión distintos, diseñados para sobresaturar el agua con ozono en el régimen de alta presión, y formar las microburbujas en el régimen de baja presión donde la solubilidad es menor. El agua entra en la cámara superior de baja presión 91a, donde se mezcla con el agua sobresaturada de ozono, fluye de manera ascendente a través de un mezclador estático 91b. Las fuerzas de corte en el mezclador promueven la formación de microburbujas con una diferencia de presión significativamente menor a la requerida de otro modo. La presión en esta cámara superior 91a viene determinada hidráulicamente por el sistema de tuberías, los niveles de agua y el filtro que se está lavando, pero generalmente es de aproximadamente 100 kPa [1 bar (15 psi)].

El agua sale por la parte superior del tanque de disolución 91 después de pasar por el mezclador estático 91b. Una parte del flujo se extrae de la parte superior del tanque de contacto 91 mediante la bomba de inyección de ozono 94, que eleva la presión a aproximadamente 1000 kPa [10 bares (150 psi)], y posteriormente pasa por el venturi 93 que aspira el ozono. La presión entre la salida del venturi y el orificio en el fondo del tanque de contacto 91 es de aproximadamente 600 kPa [6 bar (90 psi)], y en este régimen de presión se produce la mayor parte de la sobresaturación de ozono.

La cámara inferior o de fondo del tanque 91c constituye el régimen de presión media, a aproximadamente 400 kPa [4 bar (60 psi)], en donde se incrementa el ozono disuelto, dado un tiempo de contacto en el rango de 15 a 90 segundos. En la parte superior de la cámara inferior o de fondo 91c, el agua con ozono sobresaturado pasa a través de un orificio, en donde la presión se reduce a aproximadamente 100 kPa [1 bar (15 psi)] y se mezcla con el agua que entra en el tanque.

Aunque la configuración y el diseño divulgados para un novedoso tanque de disolución 91 para formar microburbujas de ozono se divulgan en la presente, una persona con conocimientos ordinarios en la técnica reconocerá que se pueden usar métodos alternativos para producir ozono disuelto y/u otros productos químicos de tratamiento (oxidantes y no oxidantes). La técnica de regeneración y/o sanitización descrita en la presente no se limita a las configuraciones ejemplares descritas del tanque de disolución 91 mostrado en la FIG. 7 para producir microburbujas de ozono, pero también se puede emplear con otros métodos o dispositivos para generar oxidante disuelto o productos químicos de limpieza, ya sea en el punto de entrada o en un tanque de alimentación separado.

Ejemplos

Se construyó una planta piloto usando dos columnas filtrantes de 20 cm [8 pulgadas] de diámetro por 3 m [10 pies] de altura, empaquetadas con 1 m [40 pulgadas] de carbón activado y equipadas con una bomba y válvulas automáticas para probar la viabilidad y las reivindicaciones de la presente solicitud de patente. Cada columna tiene 32,4 litros [1,15 pies cúbicos], con un peso de 16 kg [35 libras]. La planta piloto se instaló para tratar el vertido de una depuradora de aguas residuales de una universidad. Para verificar la viabilidad del lavado de ida y vuelta sin obstruir el subdrenaje (y en ausencia de un sistema/dispositivo automático de limpieza), estos filtros se operaron de forma continua por 2 horas con y sin grava que cubriera las boquillas y soportara el carbón activado. En ambos casos, los flujos de agua iniciales se mantuvieron a lo largo de las 2 horas que duró la prueba.

Solución de lavado de NaOH: La regeneración *in situ* se usó para probar el flujo de ida y vuelta de la siguiente manera: Los filtros gemelos de 20 cm [8 pulgadas] de diámetro de una planta piloto se cargaron a 1,5 metros de profundidad con carbón activado granular bituminoso con un índice inicial de yodo de 966. Después de 3 meses en servicio, el índice de yodo había descendido a 772, 80 % de su capacidad de adsorción original. Se preparó una solución de lavado al 1 % de 100 litros [26 galones] que contenía 1 kg [2,2 libras] de sosa cáustica (NaOH). El carbón se lavó posteriormente durante dos (2) horas con la solución de NaOH a 35 °C mientras se introducía ozono gaseoso a la entrada de cada filtro para una dosis total aplicada de 100 mg de ozono por kg de carbón seco, posteriormente se escurrió y enjuagó para eliminar el NaOH residual. Se comprobó que el número de yodo se había recuperado hasta 893, 92 % de su capacidad de adsorción original.

El consumo total de agua en esta secuencia de lavado fue de aproximadamente 5 volúmenes de lecho que se usaron para el fluido de lavado preparado y el aclarado final. En comparación, para lograr el mismo efecto de lavado con retrolavado (en lugar de lavado de ida y vuelta) habría sido necesario usar 29 volúmenes de lecho de agua de lavado para el retrolavado y el aclarado final, y 8,6 kg (19 libras) de sosa cáustica.

Ozono disuelto: La efectividad de la regeneración y/o sanitización *in situ* usando ozono disuelto se probó en filtros industriales de carbón activado usados para decolorar agua potable, sin usar el método de flujo de ida y vuelta descrito en la presente (ver la Patente de EE.UU. No. 9375663). Sin el retrolavado con ozono, estos filtros superaban con frecuencia el nivel aceptable de recuento de bacterias en operación normal, a pesar de la vaporización semanal. Sin embargo, al usar retrolavado ozonizado, los recuentos de bacterias se redujeron hasta un nivel aceptable y la capacidad de adsorción medida por el número de yodo aumentó de 63 % a 87 % del valor del carbón virgen. Específicamente, en este caso, tres filtros, cada uno de los cuales contenía 3400 litros [120 pies cúbicos] de carbón activado bituminoso, se lavaron a contracorriente por 15 minutos al día con agua que contenía 0,8 mg/L de ozono disuelto. Aunque se descubrió que unos tiempos de lavado más largos reducirían aún más el recuento de bacterias, el consumo de agua necesario para tiempos de lavado más largos es demasiado grande. Usando los métodos divulgados en la presente, los aspectos beneficiosos de aplicar ozono durante los pasos del retrolavado se consiguen con un consumo mínimo de agua.

Prueba a escala de banco para la desinfección de resina catiónica: Para probar la efectividad en la desinfección por ozono de una resina catiónica de intercambio iónico, se tomó una muestra de un ablandador de agua con 10 años en servicio, que trataba agua dura no clorada. Se inspeccionó la muestra para comprobar la integridad física de las perlas de resina, antes y después de tratar la muestra con ozono. No se observaron daños visibles tras la ozonización, lo que confirma los informes de la literatura de acuerdo con los cuales la resina de intercambio catiónico es resistente a la oxidación. Se lavaron 100 mL (118 g escurridos) de resina con 200 mL/min de agua ozonizada que contenía 1,1 mg/L de ozono disuelto por 60 minutos, mientras se agitaba con un agitador magnético a 265 rpm para mantener la resina fluidificada. Se analizaron muestras de antes y después del tratamiento con ozono para determinar el contenido bacteriano (recuento de placas heterótrofas). Los resultados fueron los siguientes:

Tiempo efectivo de lavado (minutos)	Recuento bacteriano (UFC/mL)
0	130
60	1

Planta piloto - Desinfección por ozono: Para probar la efectividad de la desinfección con ozono del carbón activado usando el método de ida y vuelta divulgado en la presente, se configuró un filtro piloto que contenía una profundidad de 1,5 metros de carbón activado granular cargado de bacterias para el lavado de ida y vuelta. Específicamente, el sistema de lavado de ida y vuelta se configuró para tener un tiempo efectivo de lavado total de 80 minutos, con un flujo ascendente de 15,5 m/h de agua que contenía 0,65 mg/L de ozono disuelto y 35 m/h de aire para ayudar a la fluidización del lecho filtrante.

A lo largo del proceso de lavado, se extrajeron muestras del carbón a intervalos para determinar la carga bacteriana restante. Para cada muestra, se añadieron 2 g de carbón escurrido (1 g en peso seco) a 100 mL de agua pura y se pulverizaron en una mezcladora a alta velocidad por 5 minutos. Posteriormente, se analizaron las muestras para determinar el contenido bacteriano (recuento de placas heterótrofas). Los resultados fueron los siguientes:

Tiempo efectivo de lavado (minutos)	Recuento bacteriano (UFC/mL)
0	540
5	260
10	0
20	0
40	0
80	0

Basados en los resultados anteriores, se concluye que cualquiera de las técnicas de sanitización y regeneración

químicas conocidas en la técnica se puede aplicar con éxito con flujo de lavado de ida y vuelta, siempre que los materiales de construcción de los recipientes y las tuberías sean compatibles y se tomen las precauciones de seguridad adecuadas.

Como se describe en la presente, la técnica de regeneración y/o sanitización de la presente invención no se limita a los ejemplos descritos de un filtro de GAC o PAC, pero también se puede emplear en el caso de otros adsorbentes/absorbentes de medio poroso. Asimismo, no se limita a los lechos a través de los cuales el flujo del líquido tratado, durante la operación del filtro, se produce desde arriba hacia abajo. En cambio, la técnica también se puede emplear con filtros a través de los cuales el líquido fluye en dirección ascendente o radial.

Similarmente, el método no está limitante a las configuraciones específicas ilustradas en la presente para el generador de ozono, bombas de alimentación química, controles, válvulas, bombas, etc. solamente a modo de ejemplo, en lo que respecta a la aplicación de ozono en el fluido/solución de lavado, las realizaciones de la invención incluyen otras formas de generación de ozono de acuerdo con el estado actual de la técnica. Solamente a modo de ejemplo, en ciertas realizaciones el ozono líquido se podría almacenar en tanques criogénicos y pasar a través de evaporadores para ser dosificado en el agua como ozono gaseoso puro. Similarmente, siempre que se alcancen las dosis de ozono requeridas, ya sean medidas como ozono (peso)/medio filtrante (peso) o alternativamente como valores de Concentración-Tiempo (CT), se contemplan dentro del alcance de la presente divulgación otras formas de generar, mezclar, introducir o suministrar el ozono disuelto (y/u ozono gaseoso directamente en el agua de lavado en el punto de entrada). Lo mismo se puede decir de otros productos químicos usados en el líquido de lavado.

En los filtros biológicamente activos, el crecimiento microbiano en el medio filtrante sirve para digerir parte de la carga de contaminantes orgánicos, lo que ayuda a mantener la capacidad de adsorción del carbón activado. En otras aplicaciones, el crecimiento bacteriano en el medio constituye un problema porque las bacterias pueden pasar al agua filtrada. En realizaciones de la invención divulgada en la presente, por un control juicioso de los parámetros de operación del fluido de lavado, se puede lograr la regeneración deseada al tiempo que se permite el crecimiento microbiano beneficioso, o se puede lograr la sanitización del medio filtrante cuando el crecimiento microbiano es problemático.

En ciertas realizaciones, los pasos del método de la invención se pueden llevar a cabo en combinación con, y en configuración operativa, con dispositivos de filtración primaria u otros métodos, sistemas y dispositivos convencionales de tratamiento del agua. Por ejemplo, los filtros de adsorción de lecho fijo se pueden usar en combinación (es decir, en secuencia) con un lecho de filtración primario. Además, en ciertas realizaciones, los pasos del método de la invención se pueden llevar a cabo adicionalmente a las operaciones convencionales de retrolavado, y dichos pasos inventivos pueden tener lugar antes, durante o después de dicha operación convencional de retrolavado.

La fuente del agua de alimentación que se debe tratar de acuerdo con este método no es crítica. Más específicamente, la fuente puede ser agua subterránea, corrientes de aguas residuales industriales, aguas residuales municipales o efluentes del tratamiento de aguas residuales, agua superficial, agua potable, etc. Sin embargo, los métodos divulgados en la presente pueden ser más beneficiosos para usar en el tratamiento de agua potable municipal contra el tratamiento de aguas residuales industriales, que tiene niveles más altos de cargas de carbono, metales pesados y contaminantes peligrosos. Particularmente, el método proporciona una solución económica *in situ* para sistemas de tratamiento de agua a pequeña escala en áreas rurales, donde las instalaciones de regeneración externas están lejos, y/u otras técnicas conocidas no son logísticamente viables y/o asequibles. El método es idóneo para aplicarlo *in situ*, no requiere transportar el carbón usado a una instalación especializada para su regeneración, requiere un consumo mínimo de agua, se puede usar sin parar todo el sistema de tratamiento del agua (cuando se emplean varios filtros) y evita la necesidad de desinfección por vapor y su elevado consumo de energía y residuos. El método divulgado en la presente también ha dado resultados inesperados en el sentido de que los intentos anteriores de usar ozono y/u otros productos químicos de tratamiento para regenerar y/o sanitizar *in situ* el carbón gastado han requerido grandes cantidades de agua de retrolavado y/o productos químicos de alimentación, haciéndolo así ineficaz y excluyente en cuanto a costes.

Antes del novedoso método y sistema divulgados en la presente, para reducir el consumo de agua usada durante la regeneración y/o sanitización de lechos filtrantes de carbono usando ozono, se intentaba recircular el efluente de retrolavado que salía de la parte superior de un filtro de vuelta a la parte inferior del filtro. Sin embargo, como se ha comentado anteriormente, las boquillas de los sumideros de los filtros están diseñadas para bloquear la salida de las partículas del medio filtrante del filtro durante el flujo de filtración (es decir, la dirección de flujo descendente en un filtro de flujo por gravedad). Tal es así que, cuando se invierte la dirección del flujo en la etapa de retrolavado, las partículas finas del medio filtrante salen con el efluente de retrolavado por la parte superior del filtro. En ausencia de un sistema de limpieza, cuando este efluente de retrolavado con alto contenido de partículas se recircula de nuevo al fondo del filtro, las boquillas de subdrenaje se obstruyen muy rápidamente por las partículas finas que vuelven a entrar desde el fondo del filtro en la dirección del flujo de retrolavado. Los intentos alternativos de filtrar estas partículas finas del efluente de retrolavado tampoco tuvieron éxito porque el filtro de partículas externo se obstruyó con la misma rapidez.

Para resolver este problema sin el uso de un sistema de limpieza externo y/o automático, en el método divulgado en la presente solamente se usa fluido de lavado que ha sido colado por un sistema de subdrenaje, fluyendo en la dirección de flujo de filtración contemplada, para fluir hacia adelante y hacia atrás a través de un filtro (o elemento filtrante) o entre un par de filtros. Más específicamente, al usar el lavado de ida y vuelta, la solución o fluido de lavado usado para regenerar y/o sanitizar el medio filtrante llega a las boquillas de subdrenaje solamente después de fluir a través del lecho del medio filtrante y, como tal, el fluido de lavado lleva menos finos que el efluente de retrolavado que típicamente saldría del filtro (y se iría al drenaje o se recircularía a la parte delantera del tren de tratamiento). Al usar un flujo de ida y vuelta, cada inversión del flujo elimina las partículas finas que, de otro modo, quedarían atrapadas en las boquillas de drenaje, permitiendo así la reutilización eficiente de la solución/fluido de lavado.

Además de lo anterior, la invención divulgada en la presente es novedosa y beneficiosa en muchos otros aspectos, incluso cuando la obstrucción no es un problema. Por ejemplo, como se ha divulgado y descubierto en la presente, el consumo de agua y productos químicos se puede reducir significativamente implementando un flujo de ida y vuelta de un fluido de lavado. Asimismo, después de la secuencia de lavado, dado que se requiere y consume un volumen significativamente reducido de fluido de lavado, los contaminantes concentrados en el volumen reducido de fluido de lavado gastado o procesado se pueden tratar y eliminar más fácilmente por lotes, o reciclar los productos químicos, con relativa facilidad.

Asimismo, en los sistemas que usan la aireación a presión, los métodos que se usan en la presente se pueden aplicar sin pérdida de finos de carbono. Por el contrario, en un sistema de retrolavado normal con rebosadero continuo, el flujo ascendente de agua de lavado con aireación/ozonación resultará en una pérdida excesiva de medios.

En otras realizaciones, una forma de reducir el consumo de agua de lavado y de productos químicos, evitando al mismo tiempo el problema de la obstrucción, es recircular el agua de lavado a través de un filtro automático de partículas autolimpiante. Aunque no es la realización preferida, debido al elevado coste de un filtro de tal tamaño para que funcione adecuadamente y a la descarga de agua necesaria para la autolimpieza, la presente invención lo contempla como una posible realización.

La terminología usada en la presente tiene como único propósito describir realizaciones particulares y no pretende ser limitante de la invención. Como se usa en la presente, se propone que las formas singulares “un”, “una”, “el/la” incluyan también las formas plurales, a menos que el contexto indique claramente lo contrario. Se entenderá además que los términos “comprender” (y cualquier forma de comprender, tal como “que comprende” y “comprendiendo”), “tener” (y cualquier forma de tener, tal como “que tiene” y “teniendo”), “incluir” (y cualquier forma de incluir, tal como “que incluye” e “incluyendo”), “contener” (y cualquier forma de contener, tal como “que contiene” y “conteniendo”), y cualquier otra variante gramatical de los mismos, son verbos de enlace abiertos. Como resultado, un método o dispositivo que “comprende”, “tiene”, “incluye” o “contiene” uno o más pasos o elementos posee esos uno o más pasos o elementos, pero no se limita a poseer solamente esos uno o más pasos o elementos. Del mismo modo, un paso de un método o un elemento de un dispositivo que “comprende”, “tiene”, “incluye” o “contiene” uno o más atributos posee esos uno o más atributos, pero no se limita a poseer solamente esos uno o más atributos. Asimismo, un dispositivo o estructura configurado de cierta manera está configurado al menos de esa manera, pero también puede estar configurado de maneras no enlistadas.

Como se usa en la presente, los términos “que comprende”, “que tiene”, “que incluye”, “que contiene” y otras variantes gramaticales de los mismos abarcan los términos “que consiste en” y “que consiste esencialmente en”.

La frase “que consiste esencialmente en” o sus variantes gramaticales, cuando se usa en la presente, se debe entender como una especificación de las características, números enteros, pasos o componentes declarados, pero no excluye la adición de una o más características, números enteros, pasos, componentes o grupos adicionales de los mismos, pero solamente si las características, números enteros, pasos, componentes o grupos adicionales de los mismos no alteran materialmente las características básicas y novedosas de la composición, dispositivo o método reivindicados.

Cuando se hace referencia a uno o más rangos a lo largo de esta memoria descriptiva, cada rango pretende ser un formato abreviado para presentar la información, en donde se entiende que el rango abarca cada punto discreto dentro del rango como si el mismo estuviera completamente expuesto en la presente.

Aunque se han descrito y representado en la presente o varios aspectos y realizaciones de la presente invención, los expertos en la técnica pueden aplicar aspectos y realizaciones alternativos para lograr los mismos objetivos dentro del alcance de la invención, que se define en las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un método para lavar un medio adsorbente (20) dentro de un sistema de tratamiento de aguas (300), que comprende los pasos de:

a. proporcionar un primer (100) y un segundo (110) recipiente,

en donde dicho primer recipiente contiene el medio adsorbente (20) a regenerar, en donde el medio adsorbente (20) comprende un medio filtrante poroso que es un medio filtrante poroso granular que preferiblemente comprende carbón activado granular o en polvo, en donde el medio filtrante poroso (20) comprende un elemento filtrante (20) formado por al menos un lecho filtrante (20) de medio adsorbente con un flujo de filtración a través del mismo, y forma un primer lecho filtrante (20) dentro de al menos la porción inferior del primer recipiente (100), el lecho filtrante (20) que comprende una superficie superior (20a) y una superficie inferior (20b) y está configurado para la filtración de agua contaminada a través del lecho filtrante y el lavado periódico del mismo, dicho primer lecho filtrante (20) es un filtro de lecho fijo,

y en donde el segundo recipiente (110) está en comunicación fluida con el primer recipiente (100); y

b. realizar una etapa de lavado con un fluido de lavado, al hacer circular un flujo del fluido de lavado (302) entre el primer (100) y el segundo (110) recipiente en una primera y una segunda dirección de flujo para producir un flujo de ida y vuelta del fluido de lavado a través del medio adsorbente (20), en donde el flujo de ida y vuelta del fluido de lavado entre el primer y el segundo recipiente se realiza por un número suficiente de ciclos y un periodo suficiente para regenerar al menos parcialmente el medio adsorbente (20), produciendo por lo mismo un fluido de lavado procesado; y

c. detener el flujo de ida y vuelta del fluido de lavado procesado entre el primer (100) y el segundo (110) recipiente; y

d. realizar un paso seleccionado del grupo que comprende drenar el fluido de lavado procesado del primer recipiente (100), drenar el fluido de lavado procesado del segundo recipiente (110), lavar el primer recipiente, lavar el segundo recipiente, descargar el fluido de lavado procesado a los residuos (301), neutralizar el fluido de lavado procesado, tratar el fluido de lavado procesado para generar al menos un fluido de lavado adicional (303) para su reutilización, enjuagar el medio adsorbente (20), regresar al flujo de filtración, y combinaciones de los mismos.

2. El método de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende además la etapa de realizar una o más etapas de lavado adicionales con al menos un fluido de lavado adicional (302), en donde la una o más etapas de lavado adicionales comprenden repetir el conjunto de etapas (b) a (d) para regenerar al menos parcialmente el medio adsorbente (20), produciendo por lo mismo al menos un fluido de lavado procesado adicional (303).

3. El método de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende el paso adicional de detener periódicamente el flujo de filtración de agua contaminada a través del elemento filtrante (20) antes del paso (a).

4. El método de acuerdo con la reivindicación 3, en donde el segundo recipiente (110) está configurado como un tanque de retención (60) o en donde la primera dirección de flujo del fluido de lavado hacia el primer lecho filtrante (20) es opuesta al flujo de filtración a través del primer lecho filtrante (20) y comprende una primera tasa de flujo de lavado suficiente para fluidizar al menos parcialmente el medio adsorbente (20).

5. El método de acuerdo con la reivindicación 3, en donde el segundo recipiente (110) comprende un medio adsorbente (20) soportado en la porción inferior del mismo y está configurado como un segundo lecho filtrante (20) en comunicación fluida con el primer lecho filtrante (20).

6. El método de acuerdo con la reivindicación 5, en donde la segunda dirección de flujo del fluido de lavado (302) hacia el segundo lecho filtrante (20) es opuesta al flujo de filtración a través del segundo lecho filtrante (20) y comprende una segunda tasa de flujo de lavado suficiente para fluidizar al menos parcialmente el medio adsorbente (20).

7. El método de acuerdo con una de las reivindicaciones 4-6, que comprende además el paso de fluidización pulsada configurado para renovar la porción inferior de un lecho filtrante (20) a tratar, la porción superior del lecho filtrante (20) a tratar, o tanto la porción superior como la inferior del lecho filtrante a tratar.

8. El método de acuerdo con la reivindicación 7, que comprende además los pasos de:

a. realizar una secuencia de lavado por pulsos, que comprende los pasos de introducir periódicamente por pulsos el flujo del fluido de lavado (302) en el lecho filtrante (20) a tratar a una velocidad de fluidización mínima predeterminada para homogeneizar el medio adsorbente (20); introducir ozono o una solución de ozono disuelta en el lecho filtrante a tratar; y poner en contacto el medio adsorbente (20) con el ozono o la solución de ozono

disuelta; y

b. repetir la secuencia de pulsación por un tiempo y número de ciclos predeterminados suficientes para sanitizar y/o regenerar sustancialmente todo el medio adsorbente (20).

5

9. El método de acuerdo con la reivindicación 7, que comprende además un cabezal de inyección química (31, 32, 33) operativamente sumergido en el primer lecho filtrante (20), segundo lecho filtrante (20), y combinaciones de los mismos, y configurado para alimentar productos químicos de tratamiento oxidantes en el elemento filtrante (20), exponiendo por lo mismo el medio adsorbente (20) sustancialmente por encima o por debajo del cabezal de inyección química (31, 32, 33) a los productos químicos de tratamiento durante el flujo de ida y vuelta.

10

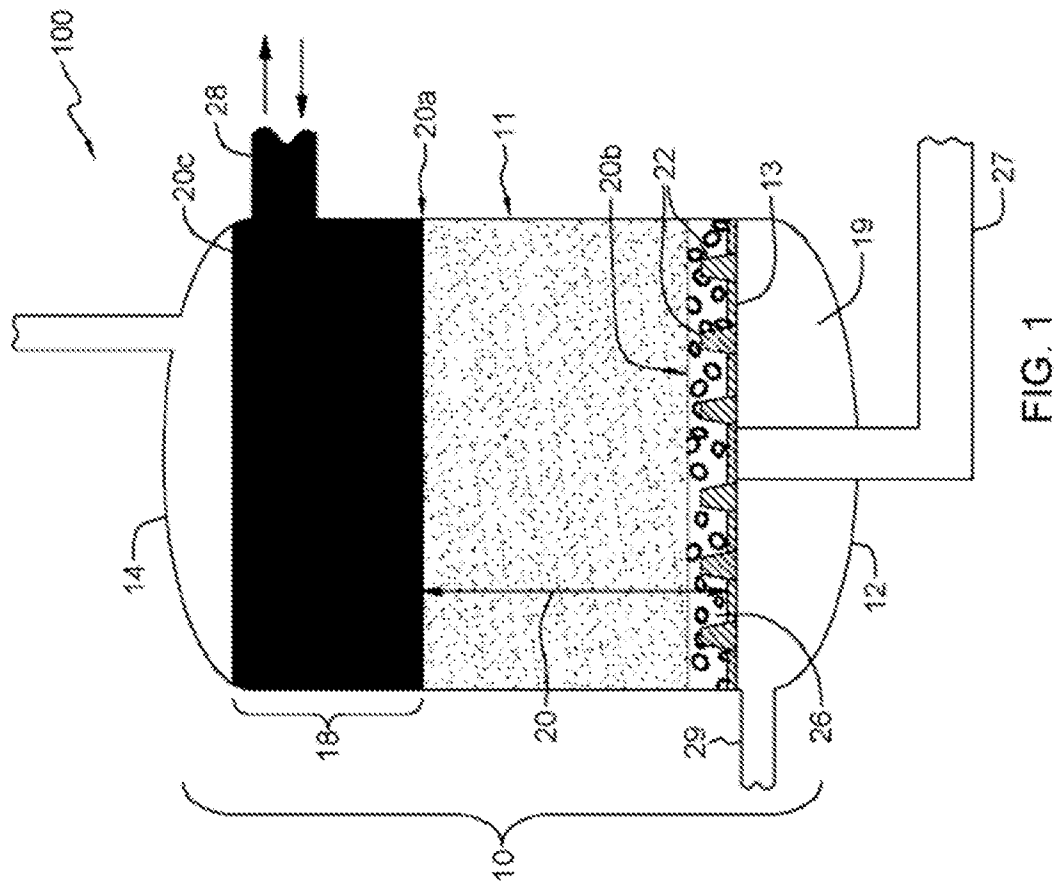
10. El método de acuerdo con la reivindicación 7, que comprende además el paso de alimentar aire a través del elemento filtrante (20) en pulsos intermitentes de corta duración en una dirección de flujo opuesta al flujo de filtración y una tasa de flujo suficiente para fluidizar el medio adsorbente (20).

15

11. El método de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende además el paso de generar un fluido de lavado (302) que comprende microburbujas de ozono con un tanque de contacto de ozono (91) que comprende una primera (91a) y una segunda cámara (91c) y un medio de inyección a alta presión (93), en donde la primera cámara es una cámara superior (91a) a baja presión y la segunda cámara es una cámara inferior (91c) a una presión superior a la de la cámara superior e inferior a la del medio de inyección a alta presión (93), y en donde dicha cámara superior comprende un mezclador estático (91b) configurado para formar microburbujas de ozono.

20

DIBUJOS



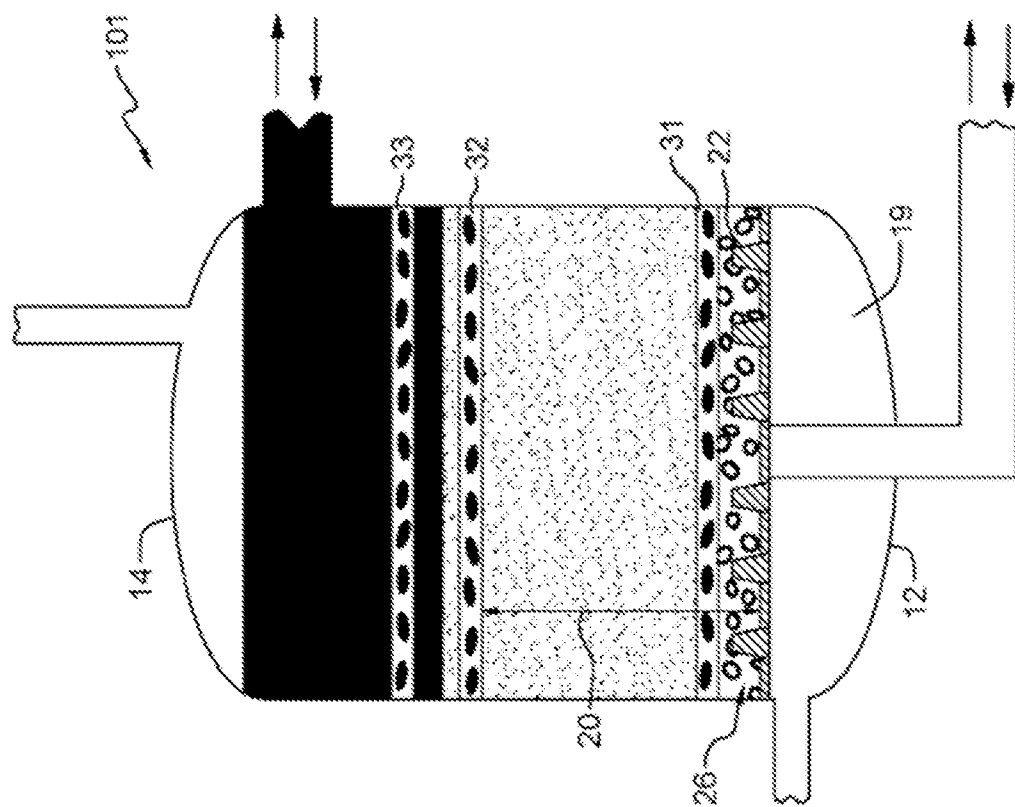


FIG. 2

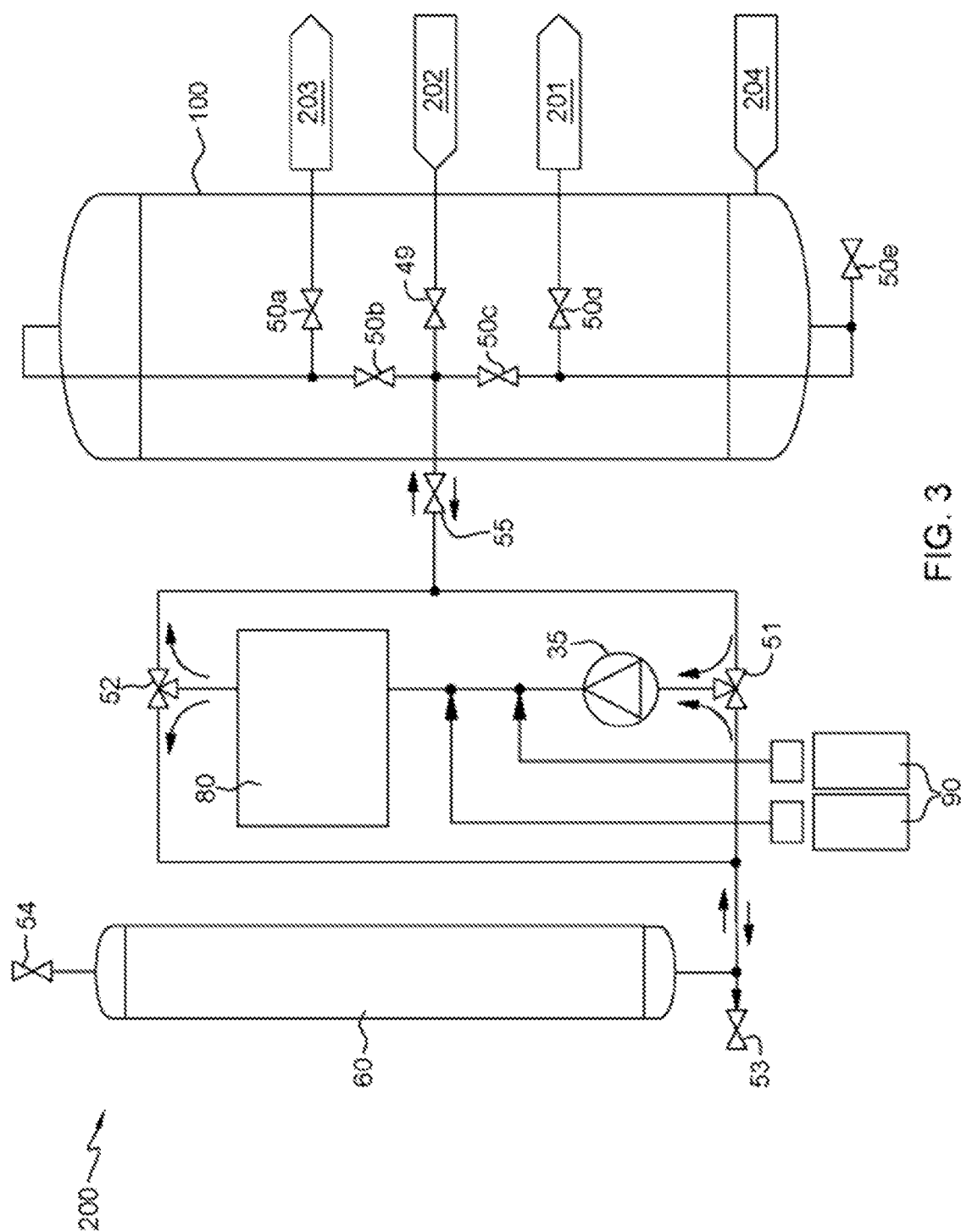


FIG. 3

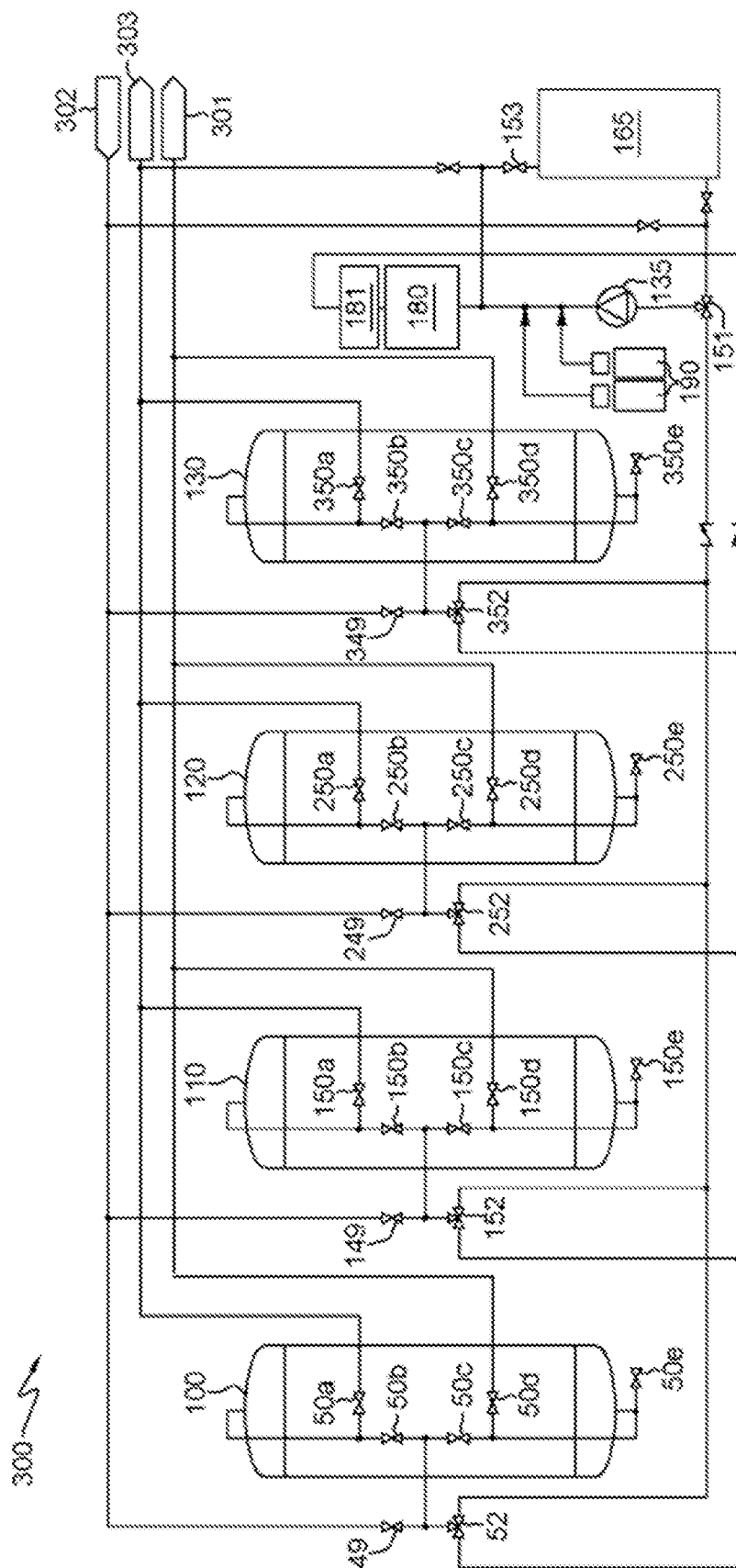
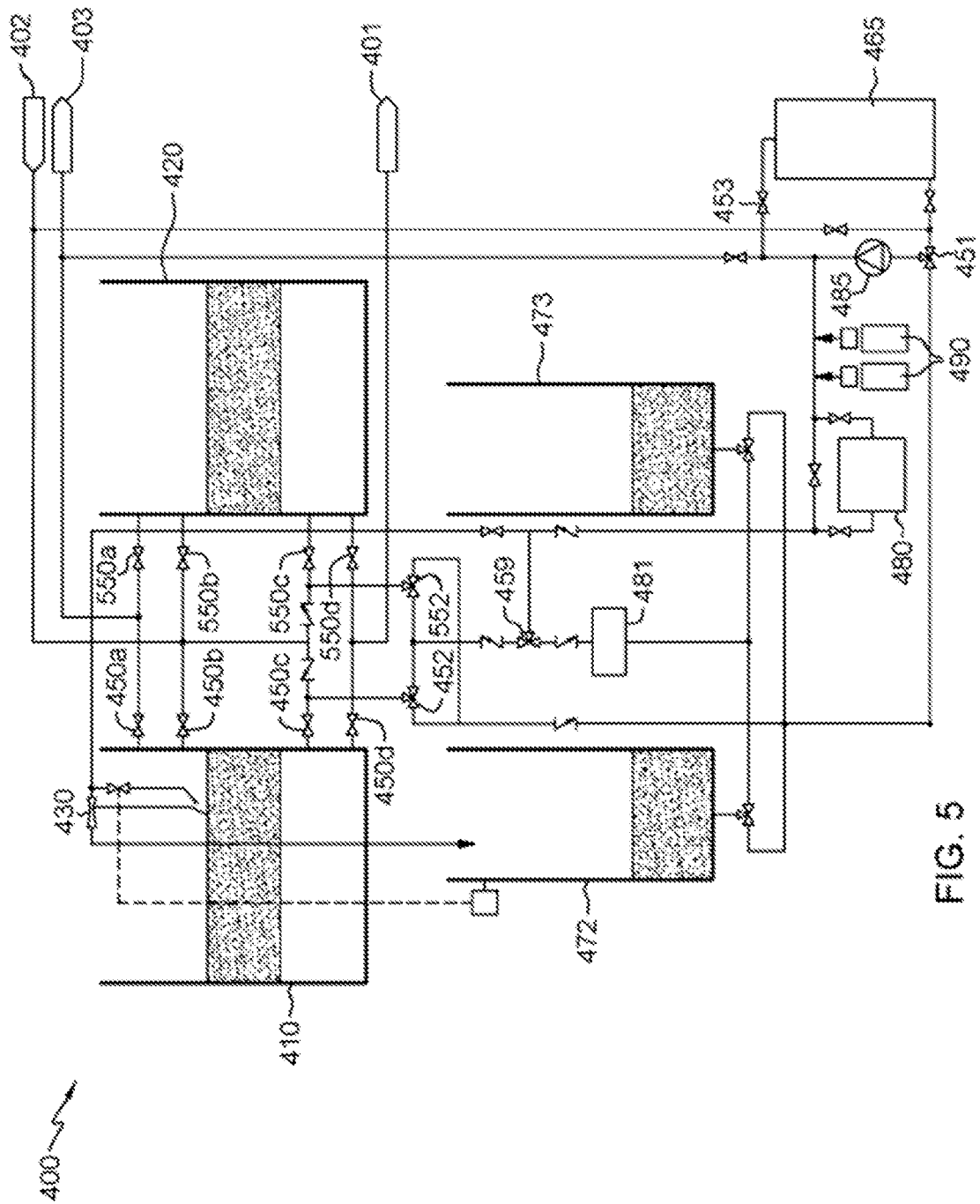


FIG. 4



SOLE

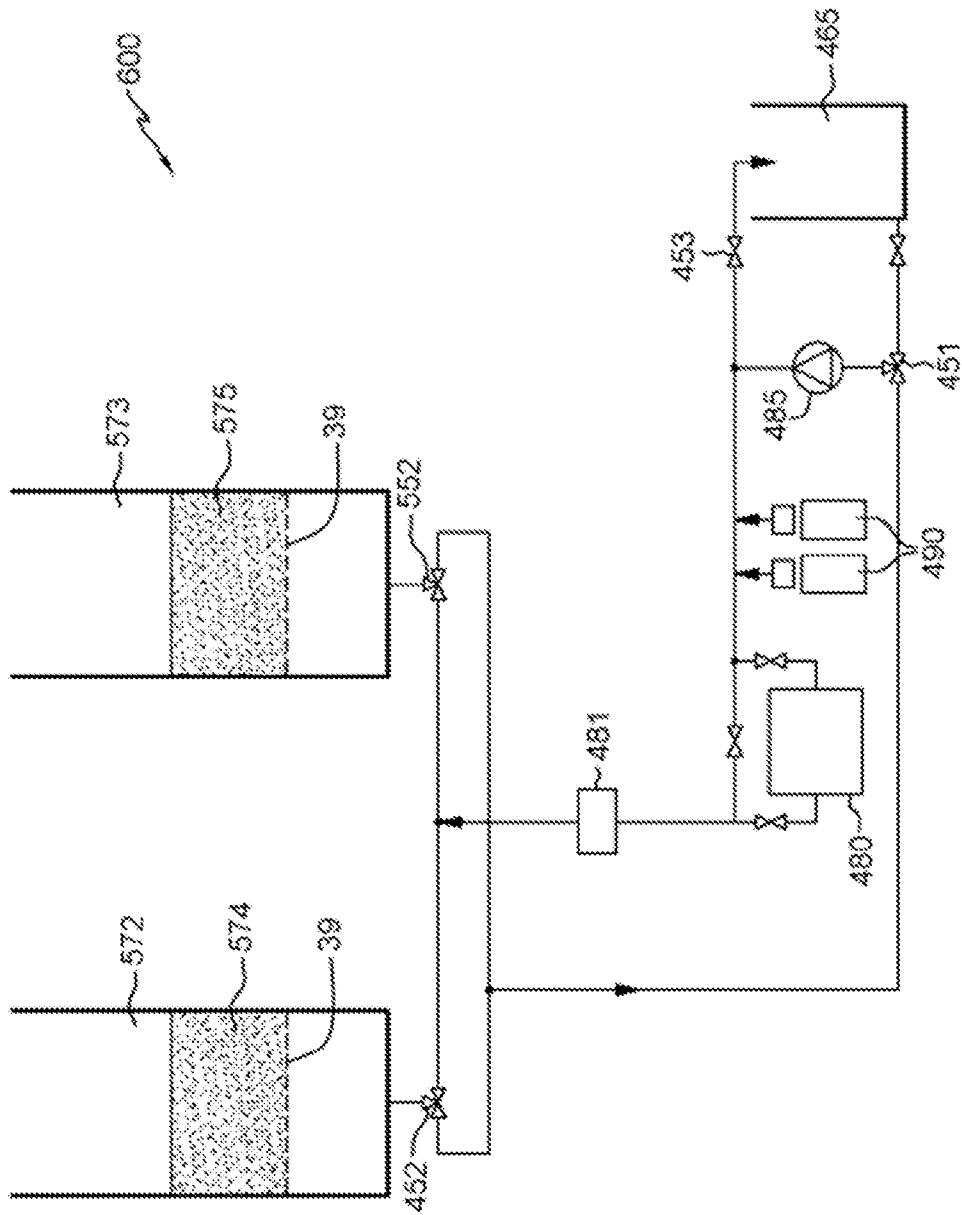
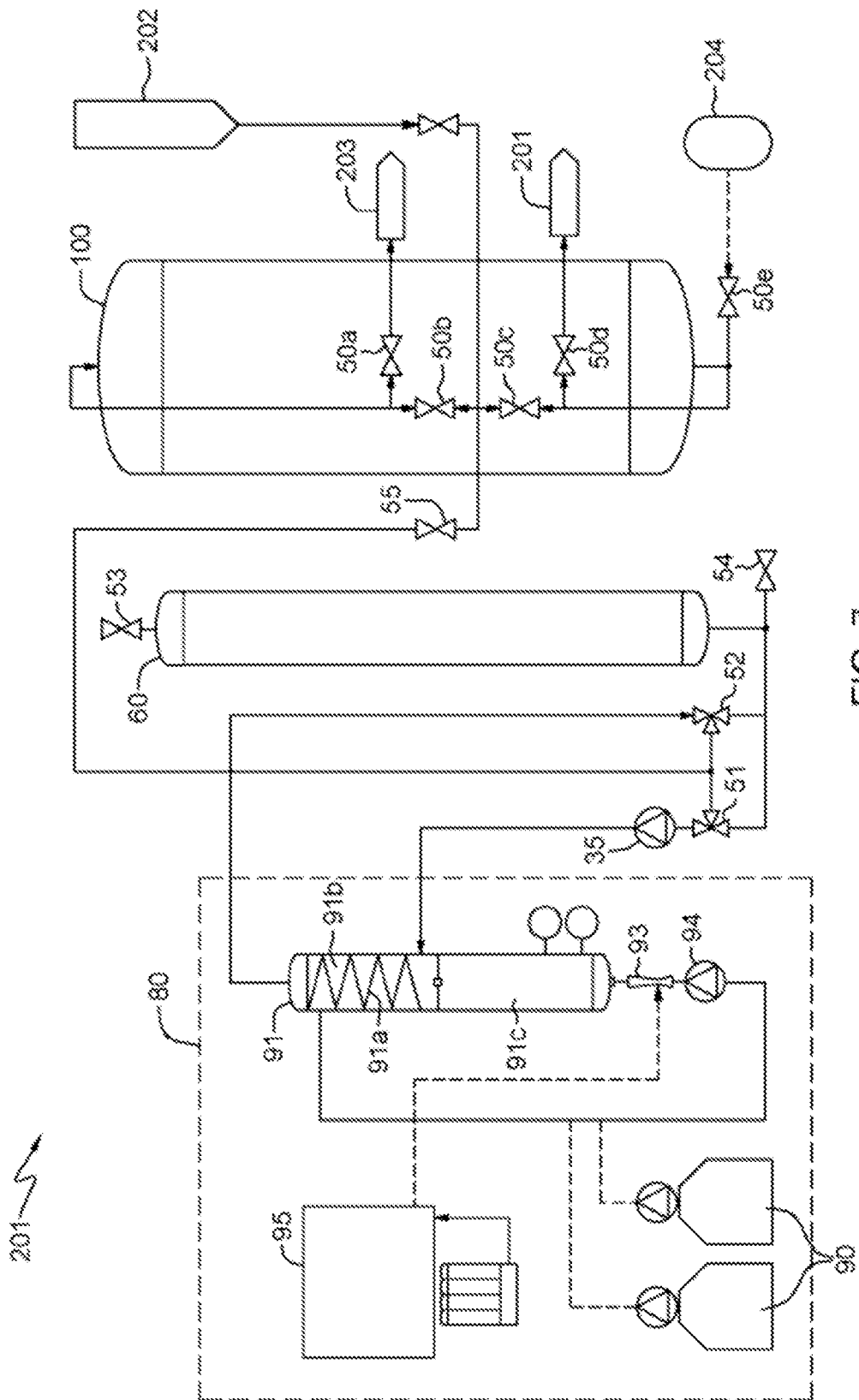


FIG. 6



764