

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 432 440**

51 Int. Cl.:

C02F 1/467 (2006.01)

C02F 1/44 (2006.01)

C02F 1/461 (2006.01)

C02F 103/30 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.06.2009 E 09758010 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.05.2013 EP 2300375**

54 Título: **Aparato y procedimiento para el tratamiento de aguas residuales**

30 Prioridad:

02.06.2008 US 57893

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

03.12.2013

73 Titular/es:

**AQUASPARK LTD. (100.0%)
Meytag-Golan Initiative Center P.O. Box 12
12900 Katzrin, IL**

72 Inventor/es:

**KITAEV, AARON y
RUBANOVICH, MICHAEL**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 432 440 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

Aparato y procedimiento para el tratamiento de aguas residuales

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere a una técnica para el tratamiento de aguas residuales contaminadas y, más particularmente, a un sistema y procedimiento para el tratamiento de aguas residuales con contaminación orgánica compleja.

Antecedentes de la invención

10 Una cantidad significativa de investigación y desarrollo se ha llevado a cabo en los últimos años dirigidas a las operaciones de limpieza medioambiental, y en particular a la depuración de aguas subterráneas y al tratamiento de aguas residuales que contienen sólidos en suspensión e impurezas emulsionadas y disueltas de distinta naturaleza. Una variedad de técnicas se han utilizado en la técnica anterior para destruir y/o eliminar de las aguas residuales diversos contaminantes y materiales tóxicos, tales como aceite y productos derivados del petróleo, metales pesados, sustancias orgánicas, detergentes, sólidos en suspensión, emulsiones, sustancias que producen color, sabor y olor, y materiales en suspensión perjudiciales.

15 Una técnica es conocida en la técnica, por lo general bajo el nombre de "electro-hidráulica", que utiliza la descarga eléctrica de alta energía en un volumen de líquido para desinfectar el agua, cambiar los componentes químicos y recuperar metales y otras sustancias de los líquidos o lodos (véase, por ejemplo, las Patentes de Estados Unidos N° 3.366.564 de Allen; 3.402.120 de Allen *et al.*; y 4.957.606 de Juvan). De acuerdo con esta técnica, una onda de choque electro-hidráulico dentro del líquido, se inician las reacciones de radiación de luz intensiva y termoquímicas por descarga de arco eléctrico en un espacio entre electrodos formado por los electrodos sumergidos en el líquido. Uno de los inconvenientes de esta técnica se asocia con el hecho de que en la descarga repetida de un arco eléctrico de alta energía a través del espacio entre los electrodos, los electrodos se erosionan y quemán con bastante rapidez.

20 Un procedimiento y sistema hidroneumático para la limpieza de aguas residuales de compuestos orgánicos disueltos por descargas eléctricas creadas mediante la aplicación de corriente eléctrica en un recipiente con movimiento forzado de elementos conductores que cargan el recipiente se divulga en la Descripción del Inventor de la Unión Soviética (SU) N° 394324 y en el Certificado de invención SU1583363.

30 Por ejemplo, la Descripción del Inventor N° 394324 desvela un aparato que incluye un recipiente metálico cilíndrico con paredes perforadas y una cubierta, y que funciona como un primer electrodo. Un segundo electrodo en la forma de una varilla o tubería concéntrica se hace pasar a través de la cubierta dentro del volumen interior del recipiente. El recipiente se carga con elementos conductores. El aparato incluye una cámara de mezcla montada debajo del recipiente. La cámara de mezcla está equipada con una tubería de entrada que proporciona un flujo de entrada de aguas residuales y aire a presión. Una segunda cámara está equipada con una tubería de salida para el agua limpia, y se encuentra en una porción superior del recipiente. Partículas de papel de aluminio de diámetro entre 3 y 5 mm se utilizan como elementos conductores. El movimiento permanente de los elementos conductores dentro del volumen del recipiente se consigue mediante el flujo de entrada de aguas residuales mezclado junto con el aire a presión desde la cámara de mezcla en el recipiente a través de las perforaciones de la parte inferior del recipiente. La corriente eléctrica aplicada a los electrodos es del tipo que se utiliza normalmente para la soldadura. Por ejemplo, un consumo de energía eléctrica de 10 a 12 kWh permite la descomposición del 95% -98% de la materia orgánica en un metro cúbico de aguas residuales contaminadas a un nivel de DBO de aproximadamente 50.000 mg/l.

Otro ejemplo de un aparato de la técnica anterior se puede encontrar en el documento CA 1 033 686.

45 Un inconveniente de los aparatos descritos anteriormente se asocia con el uso de partículas de papel de aluminio que tienen una baja gravedad específica como elementos conductores, que se utilizan debido al deseo de minimizar la energía hidroneumática necesaria para mantener el movimiento de los elementos. Sin embargo, las partículas de papel de aluminio tienden a pegarse entre sí y a formar estructuras más grandes cuando se aplica la corriente eléctrica de "soldadura". Estas estructuras no se pueden descomponer en partes más pequeñas bajo la corriente de agua y aire a presión. Como resultado, el proceso de micro-descargas eléctricas se ve influenciado negativamente con el creciente riesgo de obtener cortocircuitos eléctricos y una destrucción completa del aparato.

50 A su vez, cuando se utilizan elementos conductores de menor conductividad térmica y mayor peso específico, se requiere mayor energía hidroneumática para mantener los elementos conductores en movimiento. En consecuencia, cuanto mayor sea la energía hidroneumática, mayor será el caudal de las aguas residuales, es decir, las aguas residuales tratadas se encuentran dentro de la zona de descarga eléctrica durante un tiempo más corto. Como resultado, la eficacia del proceso es significativamente menor.

55 Por otra parte, para obtener una formación estable de micro-descarga eléctrica, esencial para un proceso eficaz de limpieza de aguas residuales, se necesita un movimiento continuo uniforme de los elementos conductores. Para obtener un movimiento de este tipo, los parámetros relacionados con la corriente hidroneumática (por ejemplo, la

relación entre las proporciones de aguas residuales y de aire a presión en la corriente hidroneumática, la presión y la velocidad de la corriente entrante, etc.) se deben controlar y regular estrictamente. Tal regulación es extremadamente difícil de realizar, y por lo tanto no es práctica en un entorno industrial. Por otra parte, el tamaño de las partículas conductoras, que desempeña un papel importante en la determinación de los parámetros de la corriente hidroneumática, puede cambiar con el tiempo, dado que los iones del material de la partícula se pasan al agua.

Descripción general de la invención

A pesar de la técnica anterior existente en el área de las técnicas de descontaminación de agua, todavía existe la necesidad en la técnica para, y sería útil disponer de, un nuevo aparato y procedimiento para el tratamiento de aguas residuales para eliminar los componentes contaminantes suspendidos de las mismas, tales como productos derivados del petróleo disueltos en agua, fenoles, colorantes orgánicos, compuestos aromáticos, aldehídos, ácidos orgánicos, partículas biológicas y otros elementos orgánicos.

Sería ventajoso eliminar la dependencia adversa del procedimiento hidroneumático en la corriente hidroneumática formada por los flujos de aguas residuales y de aire, y aumentar de este modo la eficacia del proceso de tratamiento de los sistemas de la técnica anterior.

También sería ventajoso tener el funcionamiento del aparato independiente de la tasa del flujo de aguas residuales tratadas, lo que permitiría una gestión más eficaz del proceso de micro-descarga eléctrica entre los elementos conductores.

También sería ventajoso permitir el uso de elementos conductores fabricados de una variedad de materiales en una variedad de formas geométricas. En la presente descripción, las expresiones "elementos conductores" y "partículas conductoras" se utilizan de manera intercambiable.

La presente invención satisface la necesidad antes mencionada proporcionando un nuevo aparato y procedimiento para la separación del agua tratada de aguas residuales. La expresión "aguas residuales" se utiliza ampliamente en el presente documento para describir cualquier líquido a base de agua que contiene uno o más componentes contaminantes orgánicos. Los ejemplos de aguas residuales que se pueden tratar mediante el uso de la técnica de la presente invención incluyen, pero no se limitan a, efluentes industriales, lodos municipales, agua reciclada, lixiviados de vertedero, y combinaciones de los mismos. Ejemplos de componentes contaminantes que pueden encontrarse en las aguas residuales incluyen, pero no se limitan a, productos derivados del petróleo disueltos en agua, fenoles, colorantes orgánicos, compuestos aromáticos, aldehídos, ácidos orgánicos, partículas biológicas y otros elementos orgánicos.

Por lo general, el tratamiento de aguas residuales para eliminar (es decir, limpiar) la materia orgánica disuelta, se realiza haciendo pasar las aguas residuales a través de elementos conductores agitados situados entre los electrodos estacionarios de un aparato de tratamiento al que se aplica una corriente eléctrica. La agitación deseada se logra principalmente mediante la agitación mecánica de las partículas conductoras por un mezclador accionado eléctricamente. Tal agitación mecánica se acompaña, además, de agitación neumática formada por una corriente de gas a presión que mejora la naturaleza uniforme de la agitación proporcionada por la mezcla mecánica. Un ejemplo de un gas adecuado para el fin de la presente invención incluye, pero no se limita a, aire atmosférico comprimido.

Mientras los elementos conductores se mueven debido a la agitación causada por un mezclador mecánico junto con el gas a presión, los mismos pueden estar en contacto entre sí. La agitación controlable puede proporcionar un movimiento horizontal y vertical de los elementos conductores y evitar que se peguen las partículas entre sí y que se aglomeren en grandes grupos. Cuando se aplica una tensión a los electrodos, se desarrolla una diferencia de potencial eléctrico entre los elementos conductores dispersos adyacentes, y se genera una descarga eléctrica con un arco eléctrico momentáneo entre las partículas.

En operación, pueden tener lugar descargas eléctricas con arcos substancialmente en todo el volumen de aguas residuales que pasa a través del aparato entre los electrodos. La formación de los arcos entre los elementos conductores puede dar como resultado la formación de ozono, radiación ultravioleta, regiones de micro-impulsos de calor, la presión, la cavitación y otros fenómenos. La presencia de estos fenómenos en un volumen relativamente grande de líquido proporciona una descomposición más eficaz de los compuestos orgánicos.

Por tanto, de acuerdo con un aspecto general de la presente invención, se proporciona un aparato para el tratamiento de aguas residuales que contienen al menos un componente contaminante. El aparato incluye una cámara de mezcla de entrada, un alojamiento, y una cámara de recogida.

La cámara de mezcla de entrada tiene paredes tubulares de la cámara fijadas a una parte inferior de la cámara y una parte superior abierta de la cámara de mezcla. Las paredes tubulares de la cámara están equipadas con un orificio de entrada de aguas residuales configurado para recibir aguas residuales y un orificio de entrada de gas configurado para recibir gas a presión. De acuerdo con una realización de la presente invención, la cámara de mezcla de entrada está configurada para funcionar como un mezclador ciclónico.

El alojamiento tiene paredes del alojamiento, una parte superior abierta del alojamiento, y una parte inferior perforada del alojamiento. Las paredes del alojamiento se fijan a la parte superior abierta de la cámara de mezcla de entrada para proporcionar una comunicación hidráulica entre la cámara de mezcla de entrada y el alojamiento.

5 La cámara de recogida se monta en la parte superior abierta del alojamiento para proporcionar una comunicación hidráulica entre la cámara de recogida y el alojamiento. La cámara de recogida tiene un orificio de salida de aguas residuales para descargar las aguas residuales tratadas. La cámara de recogida puede tener un orificio de salida de gas para liberar gas a presión.

10 El aparato incluye además un primer electrodo y un segundo electrodo dispuesto dentro del alojamiento y acoplados a una fuente de alimentación de tensión, y un material conductor en partículas situado entre el primer y segundo electrodos y que rellena parcialmente un espacio entre los electrodos. Ejemplos del material conductor en partículas incluyen, pero no se limitan a, grafito, titanio, aluminio, hierro, acero inoxidable y una combinación de los mismos. Una dimensión de las partículas del material conductor en partículas puede, por ejemplo, estar en el intervalo de aproximadamente 3 a aproximadamente 5 milímetros. Las partículas conductoras pueden tener una variedad de formas geométricas. Cabe señalar que el material conductor en partículas se puede elegir teniendo en cuenta la posibilidad de utilizar sus iones para la coagulación de los productos de la descomposición de los compuestos orgánicos contaminantes.

15 El aparato incluye también un mezclador accionado eléctricamente configurado para proporcionar agitación mecánica. El mezclador accionado eléctricamente incluye un eje equipado con una o más palas giratorias. El eje se hace pasar a través del alojamiento de tal manera que las palas giratorias se encuentran dentro del material conductor en partículas. El mezclador accionado eléctricamente comprende una unidad de accionamiento eléctrico configurada para hacer girar el eje. El funcionamiento del mezclador puede dar como resultado el aumento del "volumen efectivo" de las partículas conductoras de aproximadamente el 8% - 22%, en comparación con las partículas que no se mueven. El volumen efectivo aquí es el volumen en el que se forman las descargas eléctricas entre las partículas.

20 De acuerdo con una realización de la presente invención, el alojamiento tiene una superficie interior eléctricamente conductora que funciona como el primer electrodo. El segundo electrodo incluye una tubería dispuesta dentro del alojamiento a lo largo de un eje longitudinal del alojamiento. El eje pasa a través de una cavidad de la tubería.

25 De acuerdo con otra realización de la presente invención, el primer y segundo electrodos pueden ser electrodos de rejilla. El primer electrodo puede incluir una placa perforada conductora dispuesta cerca de la parte inferior del alojamiento perpendicular a las paredes del alojamiento. El segundo electrodo puede incluir una placa perforada conductora dispuesta en una relación paralela con la placa perforada conductora del primer electrodo. El alojamiento se puede fabricar de un material dieléctrico. Una dimensión de la sección transversal de los orificios en las placas perforadas conductoras del primer y segundo electrodos es menor que una dimensión de partículas del material conductor en partículas. Esta característica evita la penetración de las partículas agitadas del material conductor en partículas en los orificios de las placas perforadas y limpia por descarga el material en partículas del alojamiento junto con las aguas residuales.

30 De acuerdo con una realización de la presente invención, el mezclador accionado eléctricamente incluye una pluralidad de palas giratorias dispuestas sobre el eje a lo largo de su eje longitudinal. Una distribución de las palas giratorias a lo largo del eje y la distancia entre las mismas se pueden variar para establecer una condición de mezcla óptima. Del mismo modo, se puede utilizar una amplia variedad de perfiles en las palas del mezclador mecánico. Las palas giratorias pueden, por ejemplo, disponerse en ángulos en el intervalo de aproximadamente 30° a 60° con respecto al plano de giro.

35 De acuerdo con una realización de la presente invención, el orificio de entrada de aguas residuales se puede acoplar a un colector de entrada equipado con una válvula de entrada controlable configurada para regular un caudal de entrada de aguas residuales. El orificio de salida de aguas residuales se puede acoplar a un colector de salida equipado con una válvula de salida controlable configurada para regular un caudal de salida de las aguas residuales tratadas.

40 De acuerdo con otro aspecto general de la presente invención, se proporciona un procedimiento para el tratamiento de aguas residuales industriales. El procedimiento incluye proporcionar un aparato descrito anteriormente. Un flujo de entrada controlable de aguas residuales se introduce en la cámara de mezcla de entrada a través del orificio de entrada de aguas residuales. Simultáneamente con las aguas residuales, un flujo de entrada controlable del gas a presión se introduce en la cámara de mezcla de entrada a través del orificio de entrada de gas. El mezclador accionado eléctricamente se activa para proporcionar una agitación controlable de las partículas del material conductor en partículas. El eje del mezclador puede, por ejemplo, hacerse girar a una velocidad en el intervalo de aproximadamente 50 a aproximadamente 1.000 revoluciones por minuto.

45 Por otra parte, se aplica una tensión eléctrica predeterminada al primer y segundo electrodos. Se puede utilizar una fuente de alimentación de corriente continua o alterna. Por ejemplo, la tensión eléctrica predeterminada puede estar en el intervalo de aproximadamente 10 V (voltios) a 40V para mantener la corriente eléctrica en el intervalo de

aproximadamente 50 A (amperios) a 500A.

Después del tratamiento, las aguas residuales tratadas se pueden descargar del alojamiento a través del orificio de salida de aguas residuales.

5 Cuando se desee, las aguas residuales desde el orificio de salida se pueden suministrar hacia abajo a un separador para la separación de los lodos del agua. El separador puede incluir uno o más filtros u otros dispositivos de separación conocidos configurados para filtrar las aguas residuales tratadas para la separación del agua limpia del lodo.

El procedimiento y aparato de la presente invención tienen muchas de las ventajas de las técnicas mencionadas hasta ahora y superan, al mismo tiempo, algunas de las desventajas normalmente asociadas con las mismas.

10 El procedimiento y aparato de la presente invención se pueden aplicar tanto para la descomposición de los componentes contaminantes industriales orgánicos como para la depuración de aguas residuales.

15 Dado que la agitación de las partículas en el aparato de la presente invención no sólo se basa en la corriente formada por los flujos de aguas residuales y gas, sino que incluye también la agitación mecánica de las partículas conductoras por un mezclador mecánico, en contra de la técnica hidroneumática conocida, el tiempo durante el cual las aguas residuales tratadas están en contacto con la zona de micro-descarga eléctrica no está limitado por los parámetros hidroneumáticos de la corriente. En consecuencia, el tratamiento se puede mantener tanto como sea necesario, y el tiempo de tratamiento se puede variar para obtener condiciones óptimas de limpieza y de consumo de energía.

20 En consecuencia, la sustitución del procedimiento hidroneumático puro para mantener el movimiento continuo y estable de las partículas conductoras por agitación mecánica e hidroneumática combinada, permite el uso de elementos conductores fabricados de una variedad de materiales que están en una variedad de formas geométricas. En efecto, dado que la mezcla mecánica se utiliza también, no hay dependencia entre la gravedad específica de los elementos conductores y el proceso de formación de la micro-descarga eléctrica. Como resultado, se puede utilizar una variedad de materiales conductores para producir las partículas conductoras, tales como grafito, titanio, aluminio, hierro, acero inoxidable, etc. En particular, se puede utilizar también papel de aluminio, ya que la mezcla mecánica puede romper los grupos de papel de aluminio formados durante la micro-descarga eléctrica.

25 Cuando se utilizan partículas de hierro o de aluminio como elementos conductores, los iones de hierro o de aluminio, que entran en el agua durante las micro-descargas eléctricas, se pueden utilizar para la coagulación de algunos de los productos de descomposición de los compuestos orgánicos, proporcionando de este modo un mecanismo adicional para la eliminación de la materia orgánica disuelta de las aguas residuales.

30 Además, el procedimiento y aparato de la presente invención permiten aumentar el caudal de las aguas residuales a través del aparato, mejorando de este modo el proceso global de depuración de fluidos. El mezclado mecánico utilizado en el aparato elimina el vínculo entre la tasa del flujo de entrada de aguas residuales y el proceso de micro-descarga eléctrica. Por lo tanto, esta tasa se puede modificar para obtener resultados óptimos de tratamiento, a saber, el nivel requerido de descomposición de compuestos orgánicos con un consumo mínimo de energía.

35 El procedimiento y aparato de la presente invención son muy económicos y funcionan con un mínimo de pérdidas de energía y de productos químicos. El consumo de energía eléctrica, por ejemplo, en el intervalo de aproximadamente 10 -12 kWh por un metro cúbico de aguas residuales tratadas, la concentración de compuestos orgánicos (en las aguas residuales con una DBO en el intervalo de aproximadamente 20.000 a aproximadamente 100.000 mg/l) se puede disminuir en un 95-98%, mientras que la concentración de organismos vivos (por ejemplo, microbios) se puede disminuir en un 98 - 100%.

El aparato de acuerdo con la presente invención se puede fabricar y comercializar de forma fácil y eficiente.

El aparato de acuerdo con la presente invención es de construcción duradera y fiable.

El aparato de acuerdo con la presente invención puede tener un coste de fabricación relativamente bajo.

45 Por lo tanto se ha representado, más bien en líneas generales, las características más importantes de la invención para que la descripción detallada de la misma que sigue a continuación se pueda comprender mejor, y la presente contribución a la técnica se pueda apreciar mejor. Detalles y ventajas adicionales de la invención serán expuestos en la descripción detallada.

Breve descripción de los dibujos

50 Para comprender la invención y para ver cómo se puede implementar, a continuación se describirán realizaciones, a modo de ejemplo no limitativo, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

La **Figura 1** es una vista esquemática en sección transversal de un aparato para el tratamiento de aguas residuales industriales, de acuerdo con una realización de la presente invención; y

La **Figura 2** es una vista en sección transversal esquemática de un aparato para el tratamiento de aguas residuales industriales, de acuerdo con otra realización de la presente invención.

Descripción detallada de realizaciones

5 Los principios y el funcionamiento del aparato y procedimiento para el tratamiento de aguas residuales de acuerdo con la presente invención pueden comprenderse mejor con referencia a los dibujos y a la descripción adjunta. Se debe entender que estos dibujos se proporcionan solamente con fines ilustrativos y no se pretende que sean limitantes. Cabe señalar que las figuras que ilustran diversos ejemplos del aparato de la presente invención no están a escala, y no están en proporción, para fines de claridad. Debe tenerse en cuenta que los bloques así como otros elementos en estas figuras se diseñan solamente como entidades funcionales, de tal manera que se muestran las relaciones funcionales entre las entidades, en lugar de las conexiones físicas y/o relaciones físicas. Los mismos números de referencia y caracteres alfabéticos se utilizarán para la identificación de aquellos componentes que son comunes en el aparato para el tratamiento de aguas residuales y sus componentes mostrados en los dibujos a través de toda la presente descripción de la invención. Se proporcionan ejemplos de construcciones para los elementos seleccionados. Aquellos versados en la técnica deben apreciar que muchos de los ejemplos proporcionados tienen alternativas adecuadas que se pueden utilizar.

Haciendo referencia a la **Figura 1**, se ilustra una vista en sección transversal esquemática de un aparato **10** para el tratamiento de aguas residuales industriales que contienen uno o más componentes contaminantes, de acuerdo con una realización de la presente invención. Ejemplos de los componentes contaminantes incluyen, pero no se limitan a, productos derivados del petróleo disueltos en agua, fenoles, colorantes orgánicos, compuestos aromáticos, aldehídos, ácidos orgánicos, partículas biológicas y otros elementos orgánicos.

Por lo general, el aparato **10** incluye una cámara **11** de mezcla de entrada, un alojamiento **12**, y una cámara **17** de recogida.

La cámara **11** de mezcla de entrada tiene paredes **111** tubulares de la cámara conectadas a una parte **112** inferior de la cámara y una parte **113** superior abierta de la cámara. La cámara de mezcla se configura para funcionar como un mezclador ciclónico. Las paredes **111** de la cámara están equipadas con un orificio **114** de entrada de aguas residuales configurado para recibir aguas residuales y con un orificio **115** de entrada de gas configurado para recibir gas a presión. Un ejemplo del gas a presión adecuado para el fin de la presente invención incluye, pero no se limita a aire atmosférico comprimido. La cámara **11** de mezcla de entrada se puede construir de un metal, material plástico o material compuesto adecuado con un espesor de paredes apropiado para soportar la tensión en las paredes causada por la presión de las aguas residuales y del gas dentro de la cámara **11** de mezcla de entrada.

El alojamiento **12** comprende paredes **121** del alojamiento, una parte **123** superior abierta del alojamiento, y una parte **124** inferior perforada del alojamiento. Las paredes **121** del alojamiento se fijan a la parte **113** superior abierta de la cámara **11** de mezcla de entrada para proporcionar una comunicación hidráulica entre la cámara **11** de mezcla de entrada y el alojamiento **12**. La forma del alojamiento **12** puede, por ejemplo, ser tubular. Sin embargo, se debe entender que, en general, cualquier otra forma deseada del alojamiento **12** se puede utilizar. El alojamiento **12** se puede construir de un metal, material plástico o material compuesto adecuado con un espesor de paredes apropiado para soportar la tensión en las paredes causada por la presión de las aguas residuales y del gas dentro del alojamiento **12**.

El aparato **10** incluye también una cámara **17** de recogida montada en la parte **123** superior abierta del alojamiento para proporcionar una comunicación hidráulica entre la cámara **17** de recogida y el alojamiento **12**. La cámara **17** de recogida comprende las paredes **173** de la cámara de recogida, una parte **174** superior y una parte **175** inferior que tiene una abertura **176** que coincide con la parte **123** superior abierta del alojamiento. La cámara **17** de recogida tiene una parte **177** saliente. Preferentemente, pero no obligatorio, la parte **175** inferior de la cámara **17** de recogida en la parte **177** saliente se dispone por debajo del extremo **125** superior de las paredes **121** del alojamiento. La cámara **17** de recogida tiene un orificio **171** de salida de aguas residuales para descargar las aguas residuales tratadas. El orificio **171** de salida de aguas residuales se dispone en la parte **175** inferior de la cámara **17** de recogida en la parte **177** saliente. La cámara **17** de recogida puede tener un orificio **172** de salida de gas para la liberación del gas a presión. El orificio **172** de salida de gas se puede disponer en la parte **174** superior. La forma de la cámara **17** de recogida puede, por ejemplo, ser tubular. Sin embargo, se debe entender que, en general, cualquier otra forma deseada de la cámara **17** de recogida se puede utilizar. La cámara **17** de recogida se puede construir de un metal, material plástico o material compuesto adecuado con el espesor de paredes apropiado para soportar la tensión en las paredes causada por la presión de las aguas residuales y del gas dentro de la cámara **17** de recogida.

El aparato **10** incluye además un primer electrodo **13** y un segundo electrodo **14** dispuesto dentro del alojamiento **12** y acoplados a una fuente **15** de alimentación de tensión. De acuerdo con la realización mostrada en la **Figura 1**, el alojamiento **12** tiene una superficie **125** interior eléctricamente conductora que está asociada con el primer electrodo **13**. El segundo electrodo **14** incluye una tubería **126** fabricada de un material eléctricamente conductor. La tubería **126** se dispone dentro del alojamiento **12** a lo largo de un eje longitudinal **O** del alojamiento **12**. Cuando se desee, la superficie **127** exterior de las paredes **121** del alojamiento se puede fabricar de o cubrirse con un material

eléctricamente no conductor.

La fuente **15** de alimentación se puede alimentar ya sea a partir de una línea de alimentación de CA comercial (no mostrada) o a partir de un generador autónomo de energía eléctrica. La fuente **15** de alimentación puede ser una fuente de alimentación de corriente continua (CC) o una fuente de alimentación de corriente alterna (CA). Por ejemplo, la fuente de alimentación puede funcionar en el intervalo de aproximadamente 10 voltios a aproximadamente 40 voltios y es capaz de mantener la corriente eléctrica en el intervalo de aproximadamente 50A (amperios) a 500A. La fuente de alimentación CC puede, por ejemplo, ser un rectificador convencional configurado para transformar la corriente alterna (CA) obtenida a partir de la línea de alimentación de CA en una salida de CC o en una salida de CC pulsante.

El aparato **10** incluye también un material **16** conductor en partículas situado entre el primer y segundo electrodos **13** y **14**, y que rellena parcialmente un espacio entre el primer y segundo electrodos **13** y **14**. Ejemplos del material **16** conductor en partículas incluyen, pero no se limitan a, grafito, titanio, aluminio, hierro, acero inoxidable y una combinación de los mismos. Una dimensión de las partículas del material conductor en partículas puede, por ejemplo, estar en el intervalo de aproximadamente 3 a aproximadamente 5 milímetros. Las partículas conductoras pueden tener una variedad de formas geométricas. Cabe señalar que los iones del material **16** conductor en partículas se pueden utilizar también para la coagulación de los productos de la descomposición de los compuestos orgánicos contaminantes. En consecuencia, una elección del material **16** conductor en partículas para un determinado tratamiento depende del nivel de contaminación y del tipo de componentes contaminantes en las aguas residuales en el marco del tratamiento.

Cabe señalar aquí que una dimensión de la sección transversal de los orificios **126** en la parte **113** inferior perforada del alojamiento **12** es menor que una dimensión de las partículas del material **16** conductor en partículas. Esta característica evita la penetración de las partículas en los orificios **126**.

El aparato **10** incluye además un mezclador **18** accionado eléctricamente. El mezclador **18** accionado eléctricamente comprende un eje **181** equipado con una o más palas **182** giratorias y mecánicamente conectado a una unidad **183** de accionamiento eléctrico configurada para hacer girar el eje **181**. El eje **181** pasa desde la unidad **183** de accionamiento eléctrico a través de la cámara **17** de recogida, a través del alojamiento **12**, y después a través de la cámara **11** de mezcla de entrada en la que se conecta mecánicamente a un cojinete **116** de soporte montado en la parte **112** inferior de la cámara **11** de mezcla de entrada. De acuerdo con la realización mostrada en la **Figura 1**, el eje **181** pasa a través de una cavidad **128** del segundo electrodo **14** de tubería dispuesto en el alojamiento **11**. El eje **181** se dispone en el alojamiento **11** de tal manera que las palas **182** giratorias se encuentran dentro del material **16** conductor en partículas.

Preferentemente, el mezclador accionado eléctricamente incluye una pluralidad de palas **182** giratorias dispuestas en el eje **181** a lo largo de su eje longitudinal. Una distribución de las palas **182** giratorias a lo largo del eje y la distancia entre las mismas se pueden variar para establecer una condición de mezcla óptima. Del mismo modo, se puede utilizar una amplia variedad de perfiles en las palas del mezclador mecánico. Las palas giratorias pueden, por ejemplo, disponerse en ángulos en el intervalo de aproximadamente 30° a 60° con respecto al plano de giro.

De acuerdo con una realización adicional de la presente invención, el orificio **114** de entrada de aguas residuales se puede acoplar a un colector **116** de entrada de aguas residuales equipado con una válvula **117** de entrada controlable configurada para regular un caudal de entrada de aguas residuales. El orificio **115** de entrada de gas se puede acoplar con un colector **118** de entrada de gas equipado con una válvula **119** de entrada controlable configurada para regular un caudal de entrada de gas. Del mismo modo, el orificio **171** de salida de aguas residuales se puede acoplar con un colector **178** de salida de agua equipado con una válvula **173** de salida controlable configurada para regular un caudal de salida de las aguas residuales tratadas.

Cuando se desee, el aparato **10** puede incluir además un separador (no mostrado) acoplado al colector **178** de salida de agua y configurado para separar el lodo del agua. El separador puede incluir uno o más filtros u otros dispositivos de separación conocidos, configurados para filtrar aguas residuales tratadas para separar el agua limpia del lodo.

El aparato se puede controlar por un sistema de control (no mostrado) que incluye diversos dispositivos de detección y control convencionales. Ejemplos de los dispositivos de detección y control incluyen, pero no se limitan a, sensores de presión y/o flujo, sensores de calidad del agua, caudalímetros, bombas, así como otros dispositivos similares o adecuados. Cada uno puede ser un componente disponible en el mercado. Los sensores de calidad del agua pueden, por ejemplo, disponerse en cualquier posición deseada a lo largo del flujo de aguas residuales. Ejemplos del sensor de calidad del agua incluyen medidores de turbidez, biosensores, sensores biológicos, y otros dispositivos similares, adecuados, y convencionales.

En operación, se proporciona un flujo de entrada controlable de aguas residuales en la cámara **11** de mezcla de entrada a través del orificio **114** de entrada de aguas residuales. Un flujo de entrada controlable de gas a presión se proporciona en la cámara **11** de mezcla de entrada a través del orificio **115** de entrada de gas. La mezcla de aguas residuales y aire a presión pasa hacia arriba a través de la parte **124** inferior perforada del alojamiento en el

alojamiento, que se carga con el material **16** conductor en partículas situado entre el primer y el segundo electrodos.

Las partículas del material **16** conductor en partículas junto con las aguas residuales y el gas se ponen en un estado de agitación controlable por medio del mezclador **18** accionado eléctricamente. En el estado de agitación, las partículas pueden mantenerse en movimiento continuo tanto en la dirección vertical como horizontal. A medida que las partículas conductoras se mueven debido a la agitación causada por un mezclador mecánico junto con las aguas residuales y el gas a presión, las partículas pueden estar en contacto entre sí. La agitación controlable puede proporcionar un movimiento horizontal y vertical de las partículas conductoras y evitar que se peguen las partículas entre sí y que se aglomeren grandes grupos. Por consiguiente, un volumen "aparente" (o "dinámico") ocupado por las partículas conductoras en movimiento, puede ser mayor que el volumen de los elementos conductores, por ejemplo, un 8% - 22% más que el volumen cuando las partículas están en reposo. Este volumen aparente se puede variar cambiando la velocidad de giro del eje **181** con la pala **182** giratoria dispuesta dentro del material **16** conductor en partículas.

Cuando se aplica una tensión eléctrica predeterminada desde la fuente **15** de alimentación a través del primer y segundo electrodos **13** y **14** una diferencia de potencial eléctrico se desarrolla entre los elementos conductores dispersos adyacentes. La corriente eléctrica puede fluir de forma controlable a través de la mezcla de aguas residuales y el material **16** conductor en partículas situado entre el primer y segundo electrodos **13** y **14**, generando de ese modo una descarga eléctrica con un arco eléctrico momentáneo entre las partículas. En funcionamiento, las descargas eléctricas con arcos pueden tener lugar substancialmente en todo el volumen de aguas residuales que pasa a través del aparato entre los electrodos. Los arcos que se forman entre los elementos conductores pueden dar como resultado la formación de ozono, radiación ultravioleta, regiones de micro-impulsos de calor, la presión, la cavitación y otros fenómenos. La presencia de estos fenómenos en un volumen relativamente grande de líquido proporciona una descomposición más eficaz de los compuestos orgánicos disueltos en las aguas residuales.

La densidad de los fenómenos de micro-descarga eléctrica depende de las propiedades de las partículas conductoras, y se puede regular mediante la modificación de la velocidad de giro del mezclador **18** accionado eléctricamente.

Para asegurar la descomposición requerida de la materia orgánica, las aguas residuales que pasan a través del aparato se pueden mantener en contacto con la zona de micro-descarga eléctrica el tiempo que sea necesario. El tiempo de tratamiento no está limitado por los parámetros hidroneumáticos de aguas residuales y del gas a presión, y puede ser suficiente para obtener resultados óptimos.

Las aguas residuales tratadas del alojamiento se pueden descargar a través del orificio **171** de salida de aguas residuales junto con el lodo que permanece en el agua, mientras que los productos gaseosos de la descomposición y el gas a presión se pueden liberar a la atmósfera a través del orificio **172** de salida de gas.

Cuando se desea, el orificio **171** de salida de aguas residuales junto con el lodo que permanece en el agua se pueden tratar adicionalmente en el separador (no mostrado) acoplado al colector **178** de salida de agua y configurado para separar el lodo del agua. La separación puede, por ejemplo, lograrse mediante el filtrado de aguas residuales tratadas para separar el agua limpia del lodo. El agua limpia proporcionada por el separador se puede suministrar después a todos los procesos tecnológicos o se puede descargar en una red de alcantarillado (no mostrada). A su vez, el lodo se puede deshidratar además por una prensa de filtro (no mostrada) dispuesta aguas abajo del separador, y después de la deshidratación, se puede empaquetar y almacenar.

Haciendo referencia a la **Figura 2**, se ilustra una vista en sección transversal esquemática de un aparato **20** para el tratamiento de aguas residuales industriales que contienen uno o más componentes contaminantes, de acuerdo con otra realización de la presente invención. El aparato **20** tiene fundamentalmente las mismas partes principales del aparato (**10** en la **Figura 1**), sin embargo difiere en la construcción del primer y segundo electrodos.

Específicamente, el aparato **20** incluye la cámara **11** de mezcla de entrada que tiene paredes **111** tubulares de la cámara fijadas a una parte **112** inferior de la cámara y una parte **113** superior abierta de la cámara. La cámara de mezcla de entrada se configura para funcionar como un mezclador ciclónico. Las paredes **111** de la cámara están equipadas con un orificio **114** de entrada de aguas residuales configurado para recibir aguas residuales y con un orificio **115** de entrada de gas configurado para recibir gas a presión.

El alojamiento **12** comprende paredes **121** del alojamiento, una parte **123** superior abierta del alojamiento, y una parte **124** inferior perforada del alojamiento. Las paredes **121** del alojamiento se fijan a la parte **113** superior abierta de la cámara **11** de mezcla de entrada para proporcionar una comunicación hidráulica entre la cámara **11** de mezcla de entrada y el alojamiento **12**. De acuerdo con esta realización, el alojamiento se fabrica de un material dieléctrico.

El aparato **20** incluye también una cámara **17** de recogida montada en la parte **123** superior abierta del alojamiento para proporcionar una comunicación hidráulica entre la cámara **17** de recogida y el alojamiento **12**. La cámara **17** de recogida comprende las paredes **173** de la cámara de recogida, una parte **174** superior y una parte **175** inferior que tiene una abertura **176** que coincide con la parte **123** superior abierta del alojamiento. La cámara **17** de recogida tiene un orificio **171** de salida de aguas residuales para descargar las aguas residuales tratadas. El orificio **171** de salida de aguas residuales se dispone en la parte **175** inferior de la cámara **17** de recogida. La cámara **17** de

recogida puede tener un orificio **172** de salida de gas para la liberación del gas a presión. El orificio **172** de salida de gas se puede disponer en la parte **174** superior.

5 El aparato **20** incluye además un primer electrodo **13** y un segundo electrodo **14** dispuesto dentro del alojamiento **12** y acoplados a una fuente **15** de alimentación de tensión. De acuerdo con la realización mostrada en la **Figura 2**, el primer y segundo electrodos **13** y **14** son electrodos de rejilla. El primer electrodo **13** puede incluir una placa perforada conductora dispuesta cerca de la parte **124** inferior del alojamiento perpendicular a las paredes **121** del alojamiento. El segundo electrodo **14** puede incluir una placa perforada conductora dispuesta en una relación paralela con la placa perforada conductora del primer electrodo **13**.

10 El aparato **20** incluye también un material **16** conductor en partículas situado entre el primer y segundo electrodos **13** y **14**, y que rellena parcialmente un espacio entre el primer y segundo electrodos **13** y **14**. Ejemplos del material **16** conductor en partículas incluyen, pero no se limitan a, grafito, titanio, aluminio, hierro, acero inoxidable y una combinación de los mismos. Las partículas conductoras pueden tener una variedad de formas geométricas, y estar en el intervalo de aproximadamente 3 a aproximadamente 5 milímetros.

15 Una dimensión de la sección transversal de los orificios en las placas perforadas conductoras del primer y segundo electrodos **13** y **14** es menor que una dimensión de las partículas del material **16** conductor en partículas. Esta característica evita la penetración de las partículas agitadas del material **16** conductor en partículas en los orificios de las placas perforadas y la limpieza por descarga del material **16** en partículas desde el alojamiento junto con las aguas residuales.

20 La fuente **15** de alimentación acoplada al primer y segundo electrodos **13** y **14** se puede alimentar ya sea a partir de una línea de alimentación de CA comercial (no mostrada) o a partir de un generador autónomo de energía eléctrica. La fuente **15** de alimentación puede ser una fuente de alimentación de corriente continua (CC) o una fuente de alimentación de corriente alterna (CA). Por ejemplo, la fuente de alimentación puede funcionar en el intervalo de aproximadamente 10 voltios a aproximadamente 40 voltios y es capaz de mantener la corriente eléctrica en el intervalo de aproximadamente 50A (amperios) a 500A.

25 El aparato **20** incluye además un mezclador **18** accionado eléctricamente que comprende un eje **181** equipado con una o más palas **182** giratorias y mecánicamente conectado a una unidad **183** de accionamiento eléctrico configurada para hacer girar el eje **181**. El eje **181** pasa desde la unidad **183** de accionamiento eléctrico a través de la cámara **17** de recogida, a través del alojamiento **12**, y después a través de la cámara **11** de mezcla de entrada en la que se conecta mecánicamente a un cojinete **116** de soporte montado en la parte **112** inferior de la cámara **11** de mezcla de entrada. El eje **181** se dispone en el alojamiento **11** de tal manera que las palas **182** giratorias se encuentran dentro del material **16** conductor en partículas. Una distribución de las palas **182** giratorias a lo largo del eje y la distancia entre las mismas se pueden variar para establecer una condición de mezcla óptima. Del mismo modo, se puede utilizar una amplia variedad de perfiles en las palas del mezclador mecánico. Las palas giratorias pueden, por ejemplo, disponerse en ángulos en el intervalo de aproximadamente 30° a 60° con respecto al plano de giro.

30 La agitación controlable del material **16** conductor puede proporcionar un movimiento horizontal y vertical de las partículas conductoras y evitar que se peguen las partículas entre sí y que se aglomeren grandes grupos. Por consiguiente, un volumen "aparente" (o "dinámico") ocupado por las partículas conductoras en movimiento, puede ser mayor que el volumen de los elementos conductores, por ejemplo, un 8% - 22% más que el volumen cuando las partículas están en reposo. Este volumen aparente se puede variar cambiando la velocidad de giro del eje **181** con la pala **182** giratoria dispuesta dentro del material **16** conductor en partículas.

45 De acuerdo con una realización adicional de la presente invención, el orificio **114** de entrada de aguas residuales se puede acoplar a un colector **116** de entrada de aguas residuales equipado con una válvula **117** de entrada controlable configurada para regular un caudal de entrada de aguas residuales. El orificio **115** de entrada de gas se puede acoplar con un colector **118** de entrada de gas equipado con una válvula **119** de entrada controlable configurada para regular un caudal de entrada de gas. Del mismo modo, el orificio **171** de salida de aguas residuales se puede acoplar con un colector **178** de salida de agua equipado con una válvula **173** de salida controlable configurada para regular un caudal de salida de las aguas residuales tratadas.

50 Cuando se desee, el aparato **20** puede incluir además un separador (no mostrado) acoplado al colector **178** de salida de agua y configurado para separar el lodo del agua. El separador puede incluir uno o más filtros u otros dispositivos de separación conocidos configurados para filtrar las aguas residuales tratadas para separar el agua limpia del lodo.

55 El aparato se puede controlar por un sistema de control (no mostrado) que incluye diversos dispositivos de detección y control convencionales. Ejemplos de los dispositivos de detección y control incluyen, pero no se limitan a, sensores de presión y/o flujo, sensores de calidad del agua, caudalímetros, bombas, así como otros dispositivos similares o adecuados. Cada uno puede ser un componente disponible en el mercado. Los sensores de calidad del agua pueden, por ejemplo, disponerse en cualquier ubicación deseada a lo largo del flujo de aguas residuales. Ejemplos de los sensores de calidad del agua que se pueden utilizar en el aparato de la presente invención incluyen, pero no

se limitan a, medidores de turbidez, biosensores, sensores biológicos, y otros dispositivos similares, adecuados, y convencionales.

El funcionamiento del aparato **20** se puede comparar con el funcionamiento del aparato (**10** en la **Figura 1**), *mutatis mutandis*.

5 Específicamente, se proporciona un flujo de entrada controlable de aguas residuales en la cámara **11** de mezcla de entrada a través del orificio **114** de entrada de aguas residuales. Un flujo de entrada controlable de gas a presión se proporciona en la cámara **11** de mezcla de entrada a través del orificio **115** de entrada de gas. La mezcla de aguas residuales y aire a presión pasa hacia arriba a través de la parte **124** inferior perforada del alojamiento en el alojamiento, que se carga con el material **16** conductor en partículas situado entre el primer y el segundo electrodos.

10 Las partículas del material **16** conductor en partículas junto con las aguas residuales y el gas se ponen en un estado de agitación controlable por medio del mezclador **18** accionado eléctricamente. En el estado de agitación, las partículas pueden mantenerse en movimiento continuo tanto en la dirección vertical como horizontal. La agitación controlable puede evitar que se peguen las partículas entre sí y que se aglomeren grandes grupos. El volumen aparente ocupado por las partículas conductoras en movimiento se puede variar cambiando la velocidad de giro del eje **181** con la pala **182** giratoria dispuesta dentro del material **16** conductor en partículas.

15 Cuando se aplica una tensión eléctrica predeterminada desde la fuente **15** de alimentación a través del primer y segundo electrodos **13** y **14** una diferencia de potencial eléctrico se desarrolla entre los elementos conductores dispersos adyacentes. La corriente eléctrica que fluye a través de la mezcla de aguas residuales y material **16** conductor en partículas situada entre el primer y segundo electrodos **13** y **14**, puede generar una descarga eléctrica con arcos eléctricos momentáneos entre las partículas. En funcionamiento, las descargas eléctricas con arcos pueden tener lugar substancialmente en todo el volumen de aguas residuales que pasa a través del aparato entre los electrodos. Los arcos que se forman entre los elementos conductores pueden dar como resultado la formación de ozono, radiación ultravioleta, regiones de micro-impulsos de calor, la presión, la cavitación y otros fenómenos. La presencia de estos fenómenos en un volumen relativamente grande de líquido proporciona una descomposición más eficaz de los compuestos orgánicos disueltos en las aguas residuales. La densidad de los fenómenos de micro-descarga eléctrica depende de las propiedades de las partículas conductoras, y se puede regular mediante la modificación de la velocidad de giro del mezclador **18** accionado eléctricamente.

20 De acuerdo con una realización, un área superficial del primer electrodo **13** expuesta al material conductor es igual al área superficial del segundo electrodo **14**. Esta disposición puede dar como resultado una distribución más uniforme de la formación de arcos a través de todo el volumen de las partículas conductoras agitadas.

25 Cabe señalar que la configuración del primer y segundo electrodos **13** y **14** proporcionada por la realización mostrada en la **Figura 2** permite evitar la formación de un estado de cortocircuito entre los electrodos **13** y **14**, que lo que puede suceder en el caso de un mal funcionamiento del mezclador accionado eléctricamente o una disminución no controlada de los flujos de aguas residuales y/o gas que pasan a través del aparato. En el caso del funcionamiento defectuoso del mezclador y/o del suministro de aguas residuales, el volumen "dinámico" ocupado por las partículas conductoras en movimiento disminuye. La disminución del volumen del material conductor da como resultado la formación de un espacio no conductor entre el material **16** conductor y el segundo electrodo **14** que da como resultado la discontinuidad de la corriente entre los electrodos **13** y **14**. Por lo tanto, el aparato de acuerdo con esta realización tiene una construcción más duradera y fiable y funciona de forma más segura, en comparación con los aparatos en los que el material conductor está siempre en contacto con los electrodos.

30 Para asegurar la descomposición requerida de la materia orgánica, las aguas residuales que pasan a través del aparato se pueden mantener en contacto con la zona de micro-descarga eléctrica el tiempo que sea necesario. El tiempo de tratamiento no está limitado por los parámetros hidroneumáticos de aguas residuales y del gas a presión, y puede ser suficiente para obtener resultados óptimos.

35 Como tal, los expertos en la materia a la que pertenece la presente invención, pueden apreciar que, si bien la presente invención se ha descrito en términos de las realizaciones preferidas, el concepto en que se basa esta descripción se puede utilizar fácilmente como base para el diseño de otras estructuras, sistemas y procesos para realizar los diversos fines de la presente invención.

40 También, se debe entender que la fraseología y terminología empleadas en el presente documento tienen la finalidad de describir y no deben considerarse como limitantes.

45 Por último, cabe señalar que las expresiones "que comprende(n)" "comprendiendo" tal como se utiliza en todas las reivindicaciones adjuntas, deben interpretarse en el sentido de "incluyendo, pero no limitado a".

50 Por lo tanto, es importante que el ámbito de la invención no se interprete como limitado por las realizaciones ilustrativas expuestas en el presente documento. Otras variaciones son posibles dentro del alcance de la presente invención como se define en las reivindicaciones adjuntas.

55

REIVINDICACIONES

1. Un aparato para el tratamiento de aguas residuales, que comprende:

5 una cámara (11) de mezcla de entrada que tiene paredes (111) tubulares de la cámara fijadas a una parte (112) inferior de la cámara y una parte (113) superior abierta de la cámara de mezcla, estando las paredes (111) de la cámara equipadas con un orificio (114) de entrada de aguas residuales configurado para recibir aguas residuales y con un orificio (115) de entrada de gas configurado para recibir gas a presión presión y separado de dicho orificio (114) de entrada de aguas residuales;

10 un alojamiento (12) que comprende paredes (121) del alojamiento, una parte (123) superior abierta del alojamiento, y una parte (124) inferior perforada del alojamiento, estando las paredes (121) del alojamiento fijadas a la parte (113) superior abierta de dicha cámara (11) de mezcla de entrada para proporcionar una comunicación hidráulica entre la cámara (11) de mezcla de entrada y el alojamiento (12);

15 un primer electrodo (13) y un segundo electrodo (14) dispuestos dentro del alojamiento (12) y acoplados a una fuente (15) de alimentación de tensión;

un material (16) conductor en partículas situado entre el primer y segundo electrodos (13 y 14) y que rellena parcialmente un espacio entre los mismos para poner en contacto el primer y segundo electrodos (13 y 14); para proporcionar así descargas eléctricas entre las partículas con arcos sustancialmente en todo el volumen de aguas residuales que pasa a través del alojamiento (12) entre el primer y segundo electrodos (13 y 14);

20 una cámara (17) de recogida montada en la parte (123) superior abierta del alojamiento para proporcionar una comunicación hidráulica entre la cámara (17) de recogida y el alojamiento (12), teniendo dicha cámara (17) de recogida un orificio (171) de salida de aguas residuales para descarga de las aguas residuales tratadas; y

un mezclador (18) accionado eléctricamente que comprende un eje (181) equipado con al menos una pala (182) giratoria y que pasa a través del alojamiento (12), de tal manera que dicha al menos una pala (182) giratoria está situada dentro del material (16) conductor en partículas.

25 2. El aparato de la reivindicación 1, en el que dicha cámara de mezcla de entrada está configurada para funcionar como un mezclador ciclónico.

3. El aparato de la reivindicación 1, en el que dicho primer electrodo (13) incluye una placa perforada conductora dispuesta cerca de la parte (124) inferior perforada del alojamiento perpendicular a las paredes (121) del alojamiento.

30 4. El aparato de la reivindicación 3, en el que dicho segundo electrodo (14) incluye una placa perforada conductora dispuesta en una relación paralela con la placa perforada conductora del primer electrodo (13).

5. El aparato de la reivindicación 1, en el que el primer y segundo electrodos (13 y 14) son electrodos de rejilla.

6. El aparato de la reivindicación 1, en el que dicho alojamiento (12) tiene una superficie (125) interior eléctricamente conductora que funciona como dicho primer electrodo (13).

35 7. El aparato de la reivindicación 6, en el que dicho segundo electrodo (14) incluye una tubería (126) dispuesta dentro del alojamiento (12) a lo largo de un eje (O) longitudinal del alojamiento (12).

8. El aparato de la reivindicación 1, en el que una dimensión de las partículas de dicho material (16) conductor en partículas está en el intervalo de aproximadamente 3 a aproximadamente 5 milímetros.

9. El aparato de la reivindicación 1, en el que dicho mezclador (18) accionado eléctricamente incluye una pluralidad de palas (182) giratorias dispuestas en el eje (181) a lo largo de su eje longitudinal.

40 10. El aparato de la reivindicación 1, en el que el orificio (114) de entrada de aguas residuales está acoplado a un colector (116) de entrada equipado con una válvula (117) de entrada controlable configurada para regular un caudal de entrada de aguas residuales, en el que el orificio (115) de entrada de gas está acoplado a un colector (118) de entrada de gas equipado con una válvula (119) de entrada controlable configurada para regular un caudal de entrada de gas.

45 11. El aparato de la reivindicación 1, en el que el orificio (171) de salida de aguas residuales está acoplado a un colector (178) de salida de agua equipado con una válvula (173) de salida controlable configurada para regular un caudal de salida de las aguas residuales tratadas.

12. El aparato de la reivindicación 1, en el que dicho mezclador (18) accionado eléctricamente comprende una unidad (183) de accionamiento eléctrico configurada para hacer girar el eje (181).

50 13. Un procedimiento para el tratamiento de aguas residuales industriales, que comprende:

proporcionar el aparato de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores;

proporcionar un flujo de entrada controlable de aguas residuales en la cámara (11) de mezcla de entrada a través de dicho orificio (114) de entrada de aguas residuales;

proporcionar un flujo de entrada controlable del gas a presión en la cámara (11) de mezcla de entrada a través

- de dicho orificio (115) de entrada de gas;
activar dicho mezclador (18) accionado eléctricamente para proporcionar una agitación controlable de las partículas de dicho material (16) conductor en partículas;
- 5 aplicar una tensión eléctrica predeterminada a dicho primero y segundo electrodos (13 y 14); para poner el primer y segundo electrodos (13 y 14) en contacto, proporcionando de este modo descargas eléctricas entre las partículas con arcos sustancialmente en todo el volumen de aguas residuales que pasa a través del alojamiento (12) entre el primer y segundo electrodos (13 y 14); y
descargar las aguas residuales tratadas desde el alojamiento a través del orificio (171) de salida de aguas residuales.
- 10 14. El procedimiento de la reivindicación 13, en el que dicha activación del mezclador (18) accionado eléctricamente incluye hacer girar el eje (181) a una velocidad en el intervalo de aproximadamente 50 a aproximadamente 1.000 revoluciones por minuto.
15. El procedimiento de la reivindicación 13 o 14, en el que dicha tensión eléctrica predeterminada está en el intervalo de aproximadamente 10V a 40V.

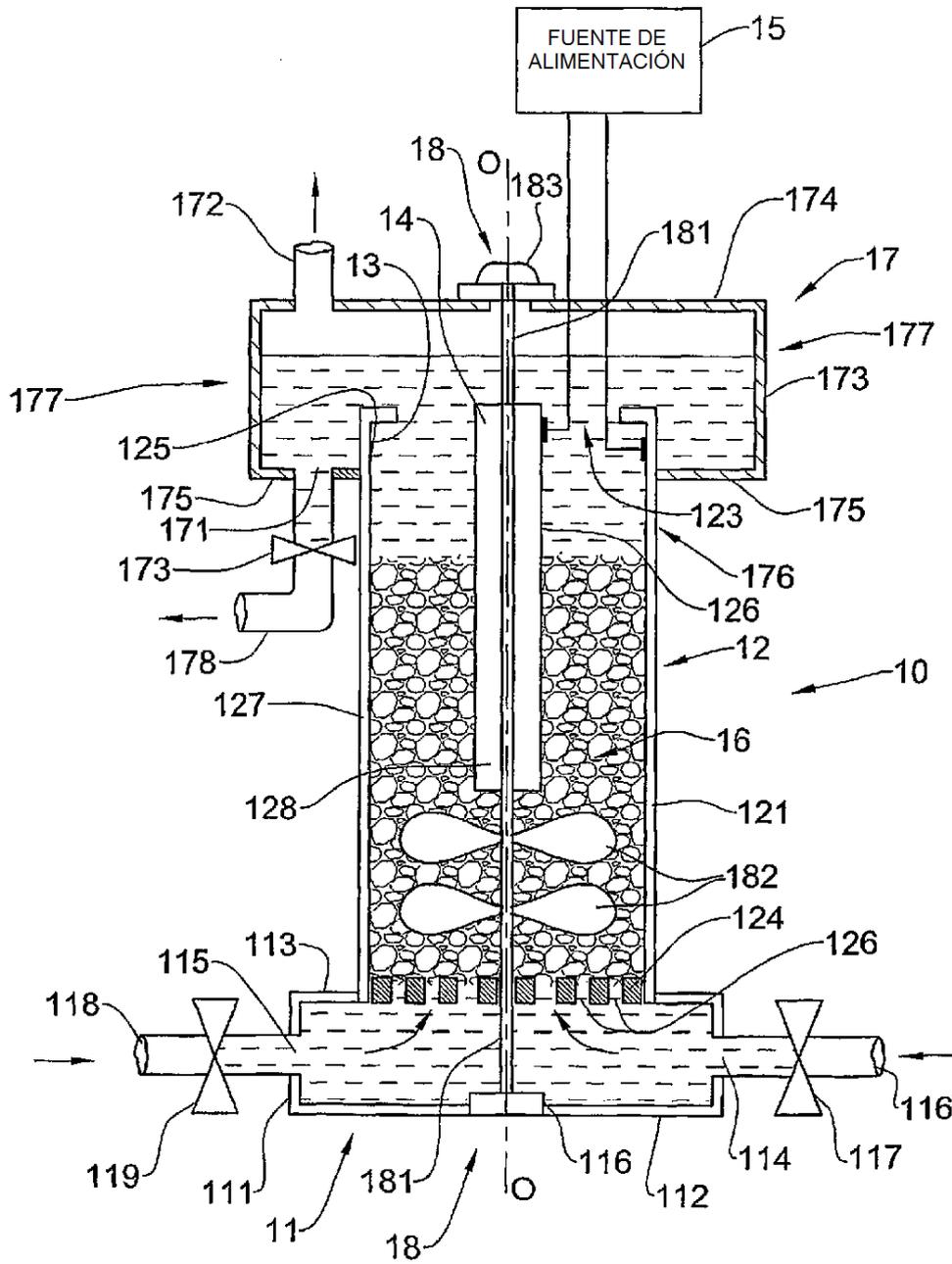


FIG. 1

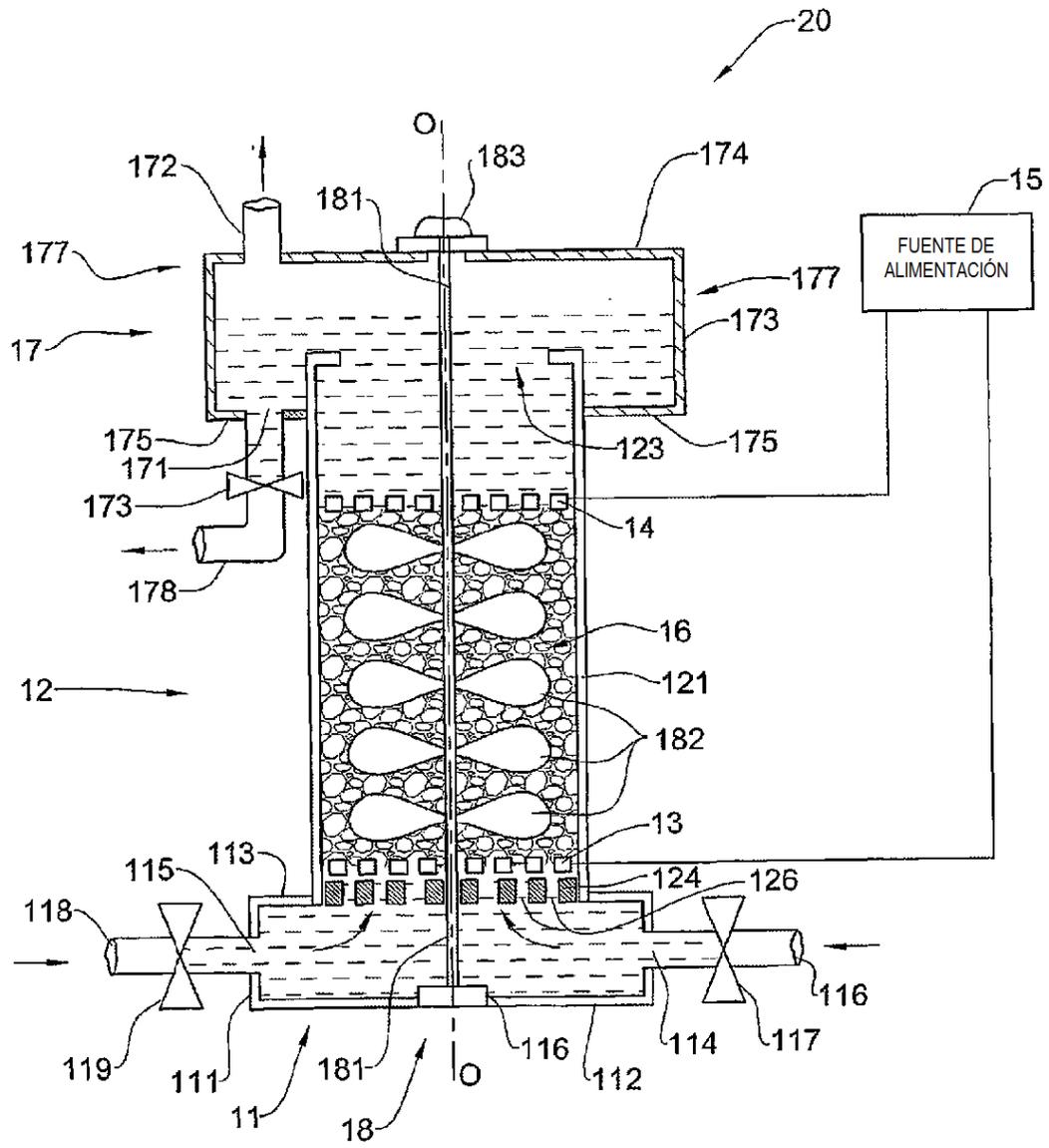


FIG. 2