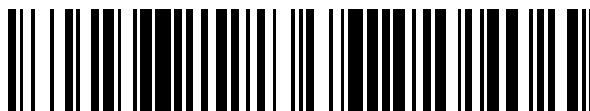


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 761 705**

51 Int. Cl.:

B01J 20/20 (2006.01)
B01J 20/34 (2006.01)
C02F 1/28 (2006.01)
C02F 3/10 (2006.01)
C02F 3/30 (2006.01)
C02F 11/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **19.09.2016** **PCT/US2016/052432**
87 Fecha y número de publicación internacional: **06.04.2017** **WO17058543**
96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.09.2016** **E 16774763 (3)**
97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.09.2019** **EP 3356029**

54 Título: **Sistemas de carbón activado de múltiples etapas y procedimientos con corrientes recirculadas**

30 Prioridad:

30.09.2015 US 201562235139 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
20.05.2020

73 Titular/es:

SIEMENS ENERGY, INC. (100.0%)
4400 Alafaya Trail
Orlando, FL 32826-2399, US

72 Inventor/es:

CUNNINGHAM, WILLIAM;
ELLIS, CLAUDE E. y
LARSON, SIMON

74 Agente/Representante:

LOZANO GANDIA, José

ES 2 761 705 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

Sistemas de carbón activado de múltiples etapas y procedimientos con corrientes recirculadas

5 **Campo**

La presente invención se refiere a un tratamiento de aguas residuales, y más particularmente a procedimientos y a sistemas para tratar de manera eficaz aguas residuales en un sistema de carbón activado de múltiples etapas.

10 **Antecedentes**

Los sistemas de tratamiento con carbón activado en polvo (PACT, por sus siglas en inglés) combinan tratamiento biológico y adsorción en carbón en una única etapa sinérgica. El resultado son eficiencias superiores de eliminación de contaminantes. El sistema de PACT se acopla normalmente con un sistema de regeneración con aire húmedo (WAR, por sus siglas en inglés), que utiliza condiciones de temperatura y presión altas para regenerar carbón agotado del sistema de PACT mientras que oxida simultáneamente sólidos biológicos (cuando están presentes) que acompañan al carbón agotado. En un esfuerzo para aumentar la eficiencia de la eliminación de contaminantes para satisfacer los requisitos cada vez más estrictos en determinadas jurisdicciones, se han desarrollado sistemas de PACT de múltiples etapas. Los principios del funcionamiento del PACT de dos etapas han incluido la eliminación de compuestos orgánicos biodegradables y la eliminación de algunos compuestos orgánicos refractarios mediante adsorción en carbón en la primera etapa, y pulido final hasta eliminación de efluente de nivel bajo mediante adsorción en carbón adicional en la segunda etapa. Debido a la huella, los costes de material y los costes operacionales aumentados de un sistema de múltiples etapas en relación con un sistema de una única etapa, son necesarios procedimientos y sistemas más eficaces.

La publicación de patente estadounidense US 4.203.835 describe un método para tratar de manera eficaz aguas residuales con carbón activado en una zona de adsorción y separación. Luego se regenera el carbón agotado en una oxidación húmeda y se recircula a la zona de adsorción y separación.

30 **Breve descripción de los dibujos**

La invención se explica en la siguiente descripción en vista de los dibujos que muestran:

la figura 1 es un diagrama esquemático de un aparato según un aspecto de la presente invención.

35 **Sumario**

Los presentes inventores han desarrollado procedimientos y sistemas de tratamiento que pueden reducir sustancialmente la huella, los costes de material y los costes operacionales necesarios incurridos en el tratamiento de aguas residuales con un sistema de carbón activado de múltiples etapas, tal como un sistema de PACT de múltiples etapas. Según la invención, se proporcionan procedimientos y sistemas que tratan aguas residuales con un material de carbón activado en polvo en un sistema de PACT de múltiples etapas, generan un material de carbón agotado, regeneran el carbón agotado en un sistema de WAR, y separan un efluente del sistema de WAR en una fracción limpia de sólidos de carbón y un licor residual. La fracción limpia de sólidos de carbón se suministra al menos a una segunda etapa del sistema de PACT mientras que el licor residual a una primera etapa de un sistema de PACT. En una realización, la fracción limpia de sólidos de carbón puede dirigirse después de eso de la segunda etapa a la primera etapa en un sentido de contraflujo a las aguas residuales que van a tratarse dentro del sistema de PACT. Tal como se explicará adicionalmente a continuación, los aspectos de la presente invención pueden proporcionar, por tanto, una fuente de carbono recirculada sustancialmente libre de contaminantes a partir del procedimiento de regeneración WAR mientras que también aumentan la eficiencia de eliminación en el sistema de PACT de múltiples etapas.

Según un aspecto, se proporciona un método para tratar aguas residuales que comprende:

55 tratar una cantidad de aguas residuales en un sistema de tratamiento con carbón activado en polvo (PACT) que comprende una primera etapa y al menos una segunda etapa, comprendiendo cada etapa una cantidad de carbón activado en polvo en la misma, en el que el tratamiento elimina al menos un contaminante de las aguas residuales y produce un material de carbón agotado;

60 dirigir una cantidad del material de carbón agotado a un sistema de regeneración con aire húmedo (WAR) para la regeneración del material de carbón agotado;

separar un efluente del sistema de WAR en una fracción limpia de sólidos de carbón y un licor residual;

65 dirigir la fracción limpia de sólidos de carbón a la segunda etapa; y

dirigir el licor residual a la primera etapa para su uso en el tratamiento de aguas residuales adicionales en la primera etapa, librando de ese modo a la segunda etapa de la eliminación de contaminantes gruesos y permitiendo a la segunda etapa servir como una etapa de pulido para eliminar contaminantes del efluente de la primera etapa.

5 Según otro aspecto, se proporciona un aparato para tratar aguas residuales que comprende:

un sistema de tratamiento con carbón activado en polvo (PACT) que comprende una primera etapa y al menos una segunda etapa, comprendiendo cada etapa una cantidad de carbón activado en polvo en la misma, el sistema de PACT configurado para tratar una cantidad de aguas residuales en las etapas para eliminar al menos un contaminante de las aguas residuales y producir un material de carbón agotado;

un sistema de regeneración con aire húmedo (WAR) en comunicación de fluido con el sistema de PACT y configurado para regenerar el material de carbón agotado; y

15 una estación de separación en comunicación con el sistema de WAR configurado para separar un efluente del sistema de regeneración con aire húmedo en una fracción limpia de sólidos de carbón y un licor residual;

en el que la estación de separación está en comunicación de fluido con una entrada de la segunda etapa y se configura para dirigir la fracción limpia de sólidos de carbón a la segunda etapa para tratar aguas residuales adicionales en la segunda etapa; y

en el que la estación de separación está además en comunicación de fluido con una entrada de la primera etapa y se configura para dirigir el licor residual a la primera etapa para tratar aguas residuales adicionales en la misma, en el que la segunda etapa está en comunicación de fluido con la primera etapa de manera que sirve como una etapa de pulido para eliminar contaminantes del efluente de la primera etapa.

La separación del licor residual a partir del material de carbón regenerado permite que los contaminantes del efluente del procedimiento de WAR se utilicen en la primera etapa mientras que el carbón regenerado limpio, opcionalmente junto con carbón de reposición virgen nuevo, actúa como agentes de pulido eficaces en la segunda etapa.

Descripción detallada

En referencia ahora a las figuras, la figura 1 ilustra una realización a modo de ejemplo de un sistema 100 para tratar aguas 108 residuales según un aspecto de la presente invención. En la realización mostrada, el aparato 100 comprende un sistema 102 de tratamiento con carbón activado en polvo (PACT) tal como se conoce en la técnica que comprende al menos una primera etapa 104 y una segunda etapa 106. Aunque se muestran dos etapas, se entiende que el sistema 102 puede incluir más de dos etapas en determinadas realizaciones y los principios descritos en el presente documento pueden aplicarse a cualquiera de las etapas.

En cualquier caso, cada etapa del sistema 102 de PACT comprende una cantidad de carbón activado en polvo en la misma. En una realización, cada etapa 104, 106 comprende un recipiente distinto que tiene una cantidad de material de carbón activado en polvo en el mismo. En otras realizaciones, puede utilizarse un único recipiente y las etapas 104, 106 pueden estar comprendidas en el mismo, pero separadas entre sí para evitar el mezclado del contenido de las mismas. El carbón activado en polvo en cada etapa puede proporcionarse en una cantidad eficaz para adsorber o eliminar de otra manera una cantidad deseada de uno o más contaminantes, tales como contaminantes orgánicos, de las aguas 108 residuales. En determinados aspectos, el carbón activado en polvo puede ser eficaz para eliminar una cantidad de compuestos orgánicos recalcitrantes en el fluido suministrado al sistema 102 de PACT.

En otro aspecto, al menos la primera etapa 104 incluye además una población de biomasa adecuada para fomentar el tratamiento de las aguas 108 residuales. En otra realización, cada una de la primera etapa 104 y la segunda etapa 106 incluye carbón activado en polvo, así como una población de biomasa. La población de biomasa puede incluir cualquier población adecuada de microorganismos bacterianos eficaz para digerir material biodegradable, incluyendo una que lo hace con producción de sólidos reducida. Un tratamiento de aguas residuales a modo de ejemplo con producción de sólidos reducida se describe en las patentes estadounidenses n.ºs 6.660.163; 5.824.222; y 5.658.458. Las bacterias pueden comprender cualquier bacteria o combinación de bacterias adecuada para prosperar en condiciones anóxicas y/o aerobias.

El sistema 102 de PACT está en comunicación de fluido con una fuente adecuada de las aguas 108 residuales de manera que suministra las aguas 108 residuales al sistema 102 de PACT. Tal como se usa en el presente documento, por "comunicación de fluido," se entiende que un fluido circula desde un componente a otro componente. Las aguas 108 residuales pueden ser cualquier fluido adecuado que tiene al menos un contaminante en el mismo para la eliminación mediante el sistema 102 de PACT. Las aguas 108 residuales pueden derivarse de cualquier fuente adecuada y pueden someterse a uno o más procedimientos de tratamiento previo o tratamiento antes de la introducción en el sistema 102 de PACT. Sin limitación, los contaminantes a modo de ejemplo que van a eliminarse mediante el sistema 102 de PACT pueden incluir pesticidas, herbicidas, fenoles, ftalatos e hidrocarburos,

por ejemplo, hidrocarburos aromáticos, hidrocarburos alifáticos, y similares. En un aspecto, el sistema 100 se configura para tratar las aguas 108 residuales con un material de carbón activado en polvo en la primera etapa 104 del sistema 102 de PACT en condiciones y durante una duración eficaz para producir un primer material 110 tratado que comprende una cantidad reducida del al menos un contaminante en el mismo. El primer material 110 tratado se dirige entonces a la segunda etapa 106 para tratamiento adicional del primer material 110 tratado con material de carbón activado adicional, produciendo de ese modo una corriente 115 de pulido, que puede suministrarse al almacenamiento, transporte, o similar. De esta manera, la primera etapa 104 sirve como un tratamiento masivo para la eliminación de contaminantes de las aguas 108 residuales mientras que la segunda etapa 106 pule la corriente resultante de la primera etapa 104 (corriente 115).

Se aprecia que el material de carbón activado en las etapas 104, 106 primera y/o segunda se utiliza para concentrar el uno o más contaminantes de las aguas residuales sobre el mismo hasta que el material de carbón se "agota". En una realización, el material de carbón activado se ha agotado cuando la capacidad del material de carbón para eliminar un componente objetivo adicional de las aguas residuales se ha agotado casi o completamente y/o cuando las aguas 108 residuales de la primera o segunda etapa comprenden más de una cantidad predeterminada del/de los contaminante(s). La última determinación puede realizarse mediante métodos cuantitativos o semicuantitativos adecuados, tales como una técnica de cromatografía tal como se conoce en la técnica. En cualquier caso, la primera etapa 104 y/o la segunda etapa 106 producen un material 112 de carbón agotado, que se dirige a un sistema 114 de regeneración con aire húmedo (WAR) del sistema 100 para la regeneración del material 112 de carbón agotado. Cuando se emplea una población de biomasa en las etapas 104 y/o 106, el material 112 de carbón agotado puede incluir además una cantidad de residuo biológico en el mismo.

En una realización, el material 112 de carbón agotado puede estar en forma de una suspensión o lodo que tiene un contenido en agua que oscila entre aproximadamente el 90% y aproximadamente el 97% (contenido en sólidos de aproximadamente el 3-10%). Tal como se usa en el presente documento, el término "aproximadamente" se refiere a un valor que puede ser $\pm 5\%$ del valor mencionado. En determinadas realizaciones, el material 112 de carbón agotado puede acondicionarse en un espesador por gravedad (por ejemplo, un tanque de sedimentación) para proporcionar el material 112 de carbón agotado en forma de un material de lodo espeso antes de la entrada al sistema 114 de WAR. Además, el material 112 de carbón agotado puede calentarse antes de suministrarlo al sistema 114 de WAR para ayudar a iniciar el procedimiento de oxidación/regeneración. Además, el material 112 de carbón agotado puede mezclarse con un oxidante, tal como un gas a presión que contiene oxígeno, que puede suministrarse mediante un compresor y luego hacerse fluir a través de un intercambiador de calor antes de entrar en el sistema 114 de WAR. El oxidante puede añadirse al material 112 de carbón agotado antes de y/o después de hacer fluir el material 112 de carbón agotado a través del intercambiador de calor.

En una realización a modo de ejemplo, el sistema 114 de WAR puede comprender uno o más recipientes del reactor dedicados (unidades de WAR) en los que tiene lugar la regeneración del material 112 de carbón agotado y la oxidación de componentes relevantes, tales como cualquier sólido biológico y compuestos orgánicos. En particular, dentro de cada unidad de WAR del sistema 114 de WAR, también pueden calentarse los componentes en la misma durante un tiempo adecuado y en condiciones adecuadas eficaces para que tenga lugar la oxidación y/o la regeneración del material 112 de carbón agotado de manera que se produce un efluente 116 que incluye al menos material de carbón regenerado y un material residual, por ejemplo, alcoholes, hidrocarburos y/o compuestos de nitrógeno, y similares. En una realización, el procedimiento de WAR se lleva a cabo a una temperatura de aproximadamente 150°C a aproximadamente 320°C (de aproximadamente 275°F a aproximadamente 705°F) a una presión de aproximadamente 10 bara a aproximadamente 220 bara (de aproximadamente 150 psia a aproximadamente 3200 psia). Tras la finalización del procedimiento de WAR, el efluente 116 puede salir entonces de cada unidad de WAR en el sistema 114 de WAR. Puede producirse también una parte gaseosa (gas de purga) que tiene un contenido en oxígeno.

Según un aspecto, sin embargo, el efluente 116 de cada unidad de WAR se suministra desde el sistema 114 de WAR hasta una estación 118 de separación para proporcionar al menos una fracción 120 limpia de sólidos de carbón que comprende material de carbón regenerado y un licor 122 residual que comprende subproductos del procedimiento de WAR. Por "limpio", se entiende que una parte líquida que comprende subproductos del efluente 116 se elimina del efluente 116 de manera que una parte restante de sólidos de carbón incluye una cantidad reducida de los subproductos del procedimiento de WAR. Así, la estación 118 de separación comprende componentes adecuados necesarios para llevar a cabo una técnica de separación u otro procedimiento que puede proporcionar la fracción 120 limpia de sólidos de carbón y el licor 122 residual que comprende subproductos de la regeneración. En una realización, la estación 118 de separación se configura para llevar a cabo uno o más procedimientos de separación y/o filtración.

A modo de ejemplo, la estación 118 de separación puede comprender una centrífuga, un filtro prensa de placas rebajadas, un aparato de filtración a vacío, un hidrociclón de sólidos/líquidos, uno o más espesadores por gravedad (por ejemplo, dispuestos en serie), uno o más elutriadores, y/o componentes adecuados para llevar a cabo técnicas de decantación/reconstitución repetida para generar las fracciones de líquidos y sólidos relevantes. En una realización particular, la fracción 120 limpia de sólidos de carbón y el licor 122 residual pueden producirse decantando y eliminando una parte líquida del efluente 116, volviendo a diluir el material restante de vuelta al

volumen original con agua libre de contaminantes, decantando de nuevo, y eliminando una parte adicional de líquido.

Según otro aspecto, el efluente 116 puede comprender una cantidad de amonio u otros contaminantes que contienen nitrógeno en el mismo. En algunos casos, puede ser deseable para tratar y/o eliminar estos contaminantes que contienen nitrógeno del efluente 116 antes de la disposición final, el transporte o el almacenamiento del licor 122 residual del efluente 116. Por consiguiente, en una realización, la estación 118 de separación puede comprender además componentes adecuados para llevar a cabo un procedimiento para tratar los contaminantes que contienen nitrógeno en el efluente 116, tal como un procedimiento de eliminación de amoniaco sobre nitrito de alta actividad con un único reactor (SHARON, por sus siglas en inglés) tal como se conoce en la técnica. El procedimiento de SHARON se caracteriza porque forma nitritos a partir de los contaminantes que contienen nitrógeno en vez de la oxidación completa a nitratos. En particular, se impide la formación de nitratos por bacterias nitrificantes (tales como *Nitrobacter*) ajustando la temperatura, el pH y el tiempo de retención para seleccionar bacterias nitrificantes (tales como *Nitrosomonas*). En una realización, el procedimiento de SHARON se lleva a cabo sobre el licor 122 residual después de la separación del efluente 116 en el licor 122 residual y la fracción 120 limpia de sólidos de carbón, o sólo sobre el efluente 116 y el efluente limpio se dirige a la segunda etapa 106. El equipo y los parámetros del procedimiento a modo de ejemplo para llevar a cabo un procedimiento de SHARON son tal como se exponen en las patentes estadounidenses n.^{os} 5.863.435 y 6.485.646.

Según otro aspecto, la estación 118 de separación puede incluir además componentes adecuados para lavar la fracción 120 limpia de sólidos de carbón. En este caso, la estación 118 de separación puede comprender un filtro prensa, un filtro a vacío, una centrífuga, o similar junto con componentes para añadir una etapa de lavado. A modo de ejemplo, cuando se usa filtración a vacío, chorros de agua limpia pueden dirigir agua o un fluido de lavado a un tambor giratorio para limpiar por inundación el fluido nuevo a través de la torta de filtro deshidratada (que comprende los sólidos de carbón) para lavar la misma.

Según todavía otro aspecto, puede usarse un filtro prensa para eliminar la mayoría de la parte líquida del efluente 116. Después de eso, el material filtrado puede reconstituirse con agua libre de contaminantes y bombearse de vuelta a la segunda etapa 106 como la fracción 120 limpia de sólidos de carbón. Por consiguiente, en determinadas realizaciones, después de haber tenido lugar una etapa de separación, la fracción 120 limpia de sólidos de carbón puede mezclarse o lavarse adicionalmente con un fluido de lavado adecuado, tal como un fluido acuoso que comprende de pocos a ningún contaminante en el mismo (< 1% en peso). Además, en un aspecto, la fracción 120 limpia de sólidos de carbón puede llevarse a un contenido en sólidos deseado antes de suministrarse a la segunda etapa 106. Por ejemplo, en una realización, el contenido en sólidos de la fracción 120 limpia de sólidos de carbón puede ser de desde aproximadamente el 3% hasta el 45% en peso, y en determinadas realizaciones desde el 6% hasta el 20% en peso.

Una vez generada, la fracción 120 limpia de sólidos de carbón se dirige desde la estación 118 de separación hasta la segunda etapa 106 del sistema 102 de PACT. Debido a que está sustancialmente libre de contaminantes, la fracción 120 limpia de sólidos de carbón reduce la necesidad de carbón de reposición en la segunda etapa 106, recircula y reutiliza el material de carbón regenerado del sistema 114 de WAR, y proporciona una fuente constante de material de carbón que también puede administrarse desde la segunda etapa 106 hasta la primera etapa 104 (si se desea) en determinadas realizaciones.

Según otro aspecto, el licor 122 residual, que comprende subproductos de reacción del procedimiento de WAR, se dirige desde la estación 118 de separación hasta la primera etapa 104 del sistema 102 de PACT. Este aspecto mejora la eliminación de contaminantes en la primera etapa 104 ya que el material de carbón activado tiene una afinidad mayor cuando la concentración de contaminación es mayor. Por consiguiente, añadiendo de manera intencionada contaminantes adicionales fáciles de degradar (por ejemplo, licor 122 residual) a la primera etapa además de las aguas 108 residuales que contienen contaminantes, se aumenta la eficiencia de eliminación de contaminantes (tales como nitrato) de las aguas 108 residuales en la primera etapa 104 con una reducción de los contaminantes adicionales. Después de eso, la primera corriente 110 tratada resultante de la primera etapa 104 se dirige a la segunda etapa 106 para pulirla con el producto 120 limpio de sólidos de carbón para producir la corriente 115.

Según otro aspecto, el efluente 116 del procedimiento de regeneración de oxidación húmeda en el sistema 114 de WAR puede comprender además partículas de ceniza inorgánicas eliminadas de las aguas 108 residuales (mediante el carbón activado) y formadas durante el procedimiento de regeneración. Sin intervención, la recirculación continua de esta ceniza junto con el carbón regenerado a través del sistema 100 puede conducir de manera eventual a una acumulación no deseada de ceniza en el mismo. Por tanto, según un aspecto, la estación 118 de separación comprende componentes que separan el efluente 116 en una parte de carbón regenerado (fracción 120 limpia de sólidos de carbón) y una parte de licor residual (licor 122 residual), y que también eliminan ceniza del efluente 116 y/o la fracción 120 limpia de sólidos de carbón. Un procedimiento a modo de ejemplo que puede usarse para eliminar ceniza del carbón regenerado (por ejemplo, fracción 120) se denomina procedimiento de sedimentación y elutriación diferenciales (DSE, por sus siglas en inglés). Un procedimiento de DSE a modo de ejemplo y los componentes para llevar a cabo el mismo se describen en la patente estadounidense n.º 4.749.492.

En un procedimiento de DSE a modo de ejemplo expuesto en la patente estadounidense n.º 4.749.492, partículas de adsorbente regenerado se recuperan de un lodo de licor mixto regenerado mediante oxidación húmeda diluyendo y sedimentando una suspensión de residuos del reactor de oxidación húmeda para obtener una fase acuosa que contiene principalmente partículas de adsorbente regenerado y partículas de ceniza finas, y una primera fase de sólidos que contiene principalmente partículas de arena. La primera fase acuosa se combina con una parte de la suspensión de partículas adsorbentes regeneradas después del tratamiento con un agente de dispersión y luego un agente de floculación aniónico, la mezcla resultante se sedimenta para obtener una segunda fase acuosa que contiene principalmente partículas de ceniza finas y una segunda fase de sólidos que contiene principalmente partículas de adsorbente regenerado. La ceniza fina se lleva a disposición final, no vuelve al sistema 100, reduciendo de esa manera el tamaño del sistema 100 ya que no se acumula ceniza inerte.

Según otro aspecto, a medida que las aguas residuales viajan desde la primera etapa 104 hasta la segunda etapa 106 para tratarse con material de carbón activado en polvo y sólidos biológicos (cuando están presentes), la fracción 120 limpia de sólidos de carbón puede dirigirse en un sentido de contraflujo desde la segunda etapa 106 hasta la primera etapa 104 (mostrado por la flecha 124) para proporcionar el material de carbón activado necesario para el tratamiento de las aguas residuales en la primera etapa 104 tal como sea necesario. De esta manera, la primera etapa 104 también puede reabastecerse con material de carbón regenerado relativamente limpio como cualquier carbón agotado que se retira de las etapas primera 104 y/o segunda 106.

En las realizaciones descritas en el presente documento, se aprecia que una o más entradas, rutas, salidas, bombas, válvulas, enfriadores, fuentes de energías, sensores de flujo o controladores (que comprenden un microprocesador y una memoria), o similares pueden incluirse en cualquiera de los sistemas y procedimientos descritos en el presente documento para facilitar la introducción, salida, sincronización, volumen, selección y sentido de los flujos de cualquiera de los componentes (por ejemplo, carbón regenerado, carbón agotado, corrientes, etc.) en las mismas. Los sistemas de carbón activado a modo de ejemplo también se describen en las patentes estadounidenses n.ºs 9.090.487 y 8.501.011 y la solicitud de patente estadounidense publicada n.º 2014/0061134.

REIVINDICACIONES

1. Método para tratar aguas (108) residuales que comprende:
5 tratar una cantidad de aguas residuales en un sistema (102) de tratamiento con carbón activado en polvo (PACT) que comprende una primera etapa (104) y al menos una segunda etapa (106), comprendiendo cada etapa (104, 106) una cantidad de carbón activado en polvo en la misma, en el que el tratamiento elimina al menos un contaminante de las aguas (108) residuales y produce un material (112) de carbón agotado;
10 dirigir una cantidad del material (112) de carbón agotado a un sistema (114) de regeneración con aire húmedo (WAR) para la regeneración del material (112) de carbón agotado;
15 separar un efluente (116) del sistema (114) de WAR en una fracción (120) limpia de sólidos de carbón y un licor (122) residual;
20 dirigir la fracción (120) limpia de sólidos de carbón a la segunda etapa (106); y
 dirigir el licor (122) residual a la primera etapa para su uso en el tratamiento de aguas (108) residuales adicionales en la primera etapa (104), librando de ese modo a la segunda etapa (106) de la eliminación de contaminantes gruesos y permitiendo a la segunda etapa (106) servir como una etapa de pulido para eliminar los contaminantes del efluente de la primera etapa.
2. Método según la reivindicación 1, en el que la separación del efluente (116) comprende además el lavado de la fracción (120) limpia de sólidos de carbón con una cantidad de una disolución de lavado acuosa.
3. Método según la reivindicación 2, en el que la separación del efluente (116) del sistema (114) de WAR se realiza mediante filtración a vacío del efluente (116) para proporcionar la fracción (120) limpia de sólidos de carbón y el licor (122) residual.
4. Método según la reivindicación 2, en el que la separación se realiza decantando repetidamente y volviendo a diluir el efluente (116) para proporcionar la fracción (120) limpia de sólidos de carbón y el licor (122) residual.
5. Método según la reivindicación 1, que comprende además añadir agua a la fracción (120) limpia de sólidos de carbón para llevar la fracción (120) limpia de sólidos de carbón a una suspensión.
6. Método según la reivindicación 1, en el que la fracción (120) limpia de sólidos de carbón comprende un contenido en sólidos de desde el 3% hasta el 45% en peso.
7. Método según la reivindicación 1, en el que la primera etapa (104) y la segunda etapa (106) comprenden cada una, una cantidad de material activado en polvo y material biológico.
8. Método según la reivindicación 1, que comprende además dirigir el material de carbón que comprende la fracción (120) limpia de sólidos de carbón de la segunda etapa (106) a la primera etapa (104).
9. Método según la reivindicación 1, que comprende además someter el licor (122) residual o el efluente (116) a un procedimiento de eliminación de amoníaco sobre nitrito de alta actividad con un único reactor (SHARON) para el tratamiento de contaminantes que contienen nitrógeno en el licor (122) residual o el efluente (116).
10. Método según la reivindicación 1, que comprende además someter el efluente (116) o la fracción (120) limpia de sólidos de carbón a un procedimiento de sedimentación y elutriación diferenciales (DSE) para separar una cantidad de ceniza del carbón regenerado en el efluente (116) o la fracción (120) limpia de sólidos de carbón.
11. Sistema (100) para tratar aguas residuales que comprende:
60 un sistema (102) de tratamiento con carbón activado en polvo (PACT) que comprende una primera etapa (104) y al menos una segunda etapa (106), comprendiendo cada etapa (104, 106) una cantidad de carbón activado en polvo en la misma, el sistema (102) de PACT configurado para tratar una cantidad de aguas (108) residuales en las etapas (104, 106) para eliminar al menos un contaminante de las aguas (108) residuales y producir un material (112) de carbón agotado;
65 un sistema (114) de regeneración con aire húmedo (WAR) en comunicación de fluido con el sistema (102) de PACT y configurado para regenerar el material (112) de carbón agotado; y

- 5 una estación (118) de separación en comunicación de fluido con el sistema (114) de WAR configurado para separar un efluente (116) del sistema (114) de WAR en una fracción (120) limpia de sólidos de carbón y un licor (122) residual;
- 10 en el que la estación (118) de separación está en comunicación de fluido con una entrada de la segunda etapa (106) y se configura para dirigir la fracción (120) limpia de sólidos de carbón a la segunda etapa (106) para tratar aguas (108) residuales adicionales en la segunda etapa (106); y
- 15 en el que la estación (118) de separación está además en comunicación de fluido con una entrada de la primera etapa (104) y se configura para dirigir el licor (122) residual a la primera etapa (104) para tratar aguas (108) residuales adicionales en la misma,
- 20 en el que la segunda etapa (106) está en comunicación de fluido con la primera etapa (104) de manera que sirve como una etapa de pulido para eliminar contaminantes del efluente de la primera etapa.
12. Sistema según la reivindicación 11, en el que la estación (118) de separación comprende al menos uno de un hidrociclón de sólidos/líquidos, una centrifuga, un filtro prensa de placas rebajadas, un espesador por gravedad, un elutriador o un aparato de filtración a vacío.
13. Sistema según la reivindicación 11, en el que la fracción (120) limpia de sólidos de carbón comprende un contenido en sólidos de desde aproximadamente el 3% hasta aproximadamente el 45% en peso.
- 25 14. Sistema según la reivindicación 11, en el que la primera etapa (104) y la segunda etapa (106) comprenden cada una, una cantidad de material activado en polvo y material biológico.

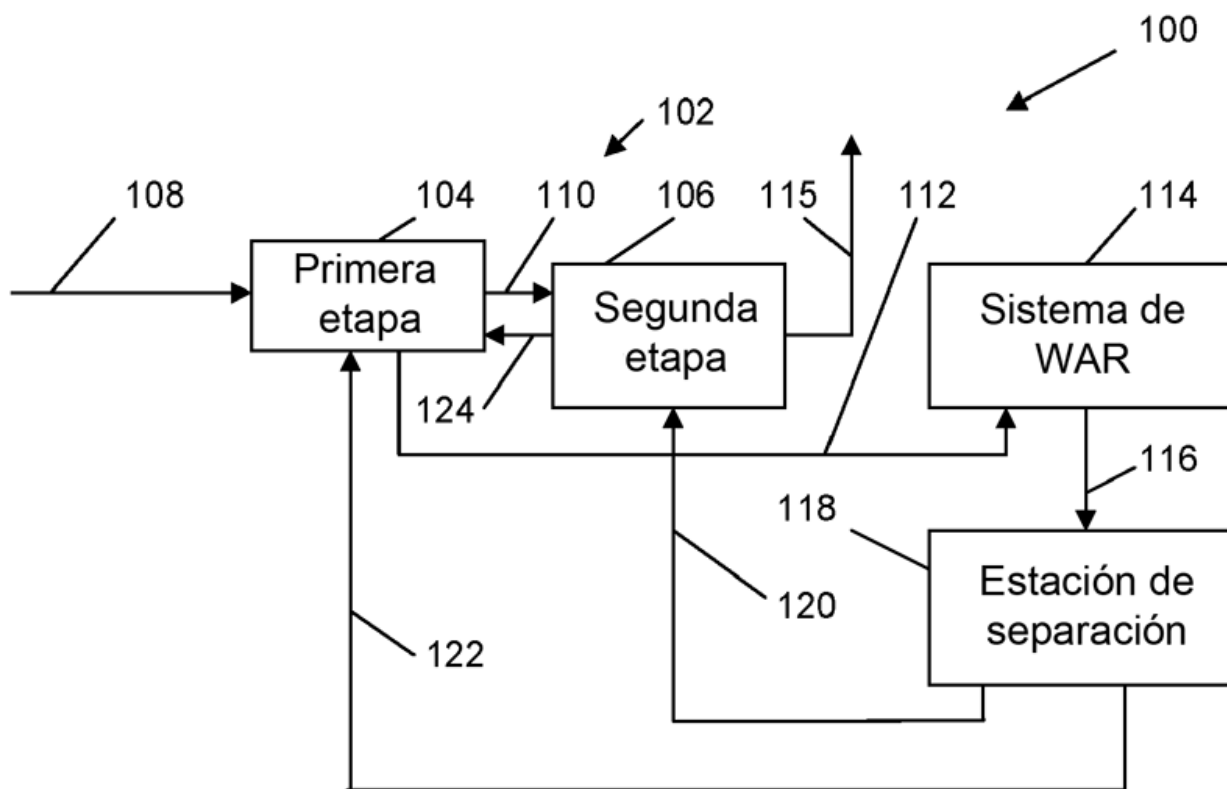


FIG. 1