



No. 12-013673- -00000-0000

Fecha: 2012-01-30 14:20:48 Dep. 2020 DIR.NUEVASCR
Tra. 11 PATENTEIYII Eve: 379 FASENACIONALII
Act. 411 PRESENTACION Folios: 254

Act. 411 PRESENTACION Folios: 254

Industria y Comercio

SUPERINTENDENCIA

DELEGATURA PROPIEDAD INDUSTRIAL

SOLICITUD PATENTE DE INVENCION

EXPEDIENTE No _____

TITULO "SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES DE BAJA
CONCENTRACION Y PROCESO"

CLASIFICACION INTERNACIONAL _____

SOLICITANTE: 1.SAUDI ARABIAN OIL COMPANY
2. SIEMENS INDUSTRY, INC

DOMICILIO: 1. ARABIA, SAUDITA
2. ESTADOS UNIDOS DE AMERICA

APODERADO LUZ HELENA ADARVE GOMEZ

BOGOTA D.C. _____

PETITORIO

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO



Industria y Comercio
SUPERINTENDENCIA



No. 12-013673- -00000-0000

Fecha: 2012-01-30 14:20:48 Dep. 2020 DIR NUEVASCR
Tra. 11 PATENTEIYII Eve: 379 FASENACIONALII
Act. 411 PRESENTACION Folios: 254

Act. 411 PRESENTACION Folios: 253

FORMULARIO UNICO DE SOLICITUD DE PATENTE PCT ENTRADA EN FASE NACIONAL

①

SOLICITUD DE:

☒ X

Patente de Invención

☐

Patente de Modelo de Utilidad

☐

Capítulo I

☒ X

Capítulo II

②

SOLICITANTE

Nombre: 1. SAUDI ARABIAN OIL COMPANY
2. SIEMENS INDUSTRY, INC

Dirección: 1. Box 5000 Dhahran, 31311 Arabia, Saudita
2. 3333 Old Milton Parkway Alpharetta, Georgia 30005 Estados Unidos de América.

Nacionalidad o Domicilio: 1. Arabia, Saudita
2. Estados Unidos de América

Lugar de Constitución: 1. Arabia, Saudita
2. Estados Unidos América

Teléfono: 3137800 Fax: 3122410

E-mail: general@cardenasycardenas.com

IDENTIFICACION

☐ NIT

☐ NIT

☐ Otro

☒ X Otro

Cual
Número

③

REPRESENTANTE
O APODERADO

Nombre: LUZ HELENA ADARVE GOMEZ

Dirección: Cra. 7 No. 71-52 Torre B Piso 9

Teléfono: 3137800 Fax: 3122410

E-Mail: general@cardenasycardenas.com

IDENTIFICACION

☒ X CC

☐ NIT

☐ Otro

☐ Otro

Cual
Número 41.575.435 TP 14.884
BTA C.S.J

④

INVENTOR(ES)
(72)

Nombre: 1. WILLIAM, G. CONNER
2. THOMAS, E SCHULTZ

Dirección: 1. P.O BOX 10260, SAUDI ARAMCO, DHAHRAN 31311 SAUDI, ARABIA
2. W. 226 S4559 WEBER DRIVE, WAUKESHA, WI 53189, US

Nacionalidad o Domicilio: 1. ESTADOUNIDENSE
2. ESTADOUNIDENSE

⑤

PCT (86)

Solicitud Internacional No. PCT/US2010/041317

Fecha 08/JUL/2010

Publicación Internacional No. WO 2011/005927

Fecha 13/ENE/2011

⑥

Título(54): SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE BAJA CONCENTRACIÓN
Y PROCESO

⑦

Clasificación Internacional (51):

⑧

Prioridad

SI ☒ X NO ☐

(33) País de Origen

US

(32) Fecha

08/JUL/2009

(31) N° de Solicitud

61/224.011

⑨

Comprobante de Pago No.: 12-006346

Fecha

Enero 23/20112

10 ANEXOS

- ☒ Comprobante de pago de la tasa de presentación de la solicitud.
- ☐ Documento que acredita la existencia y representación legal cuando el solicitante sea persona jurídica.
- ☐ Poderes, si fuere el caso.
- ☐ Documento de cesión del inventor al solicitante o a su causante.
- ☒ Traducción de la solicitud internacional al castellano (Resumen, descripción, reivindicaciones, dibujos)
- ☒ Copia del examen preliminar internacional efectuado por la Autoridad Internacional de Examen Preliminar (IPEA)
- ☐ Traducción del examen preliminar internacional efectuado por la IPEA.
- ☐ De ser el caso, copia del contrato de acceso.
- ☐ De ser el caso, documento que acredite la licencia o autorización de uso de conocimientos tradicionales de las comunidades indígenas.
- ☐ De ser el caso, certificado de depósito del material biológico.
- ☒ Arte final 12x12.
- ☐ De ser el caso, información sobre otras solicitudes de patente o títulos obtenidos en el extranjero por el mismo titular o su causante, relacionadas parcial o totalmente con la invención de esta solicitud.
- ☒ De ser el caso, modificaciones efectuadas a la solicitud internacional.
- ☒ Prioridades
<http://www.wipo.int/patentscope/search/en/detail.jsf?sessionId=C098BF995C67891779A9021466026BD4.wapp1?docId=WO2011005927&recNum=1&tab=PCTDocuments&maxRec=&office=&prevFilter=&sortOption=&queryString=>
- ☒ Recibo de pago de las reivindicaciones adicionales (21 Reivindicaciones) No. 12-006351

11 FIGURA CARACTERISTICA

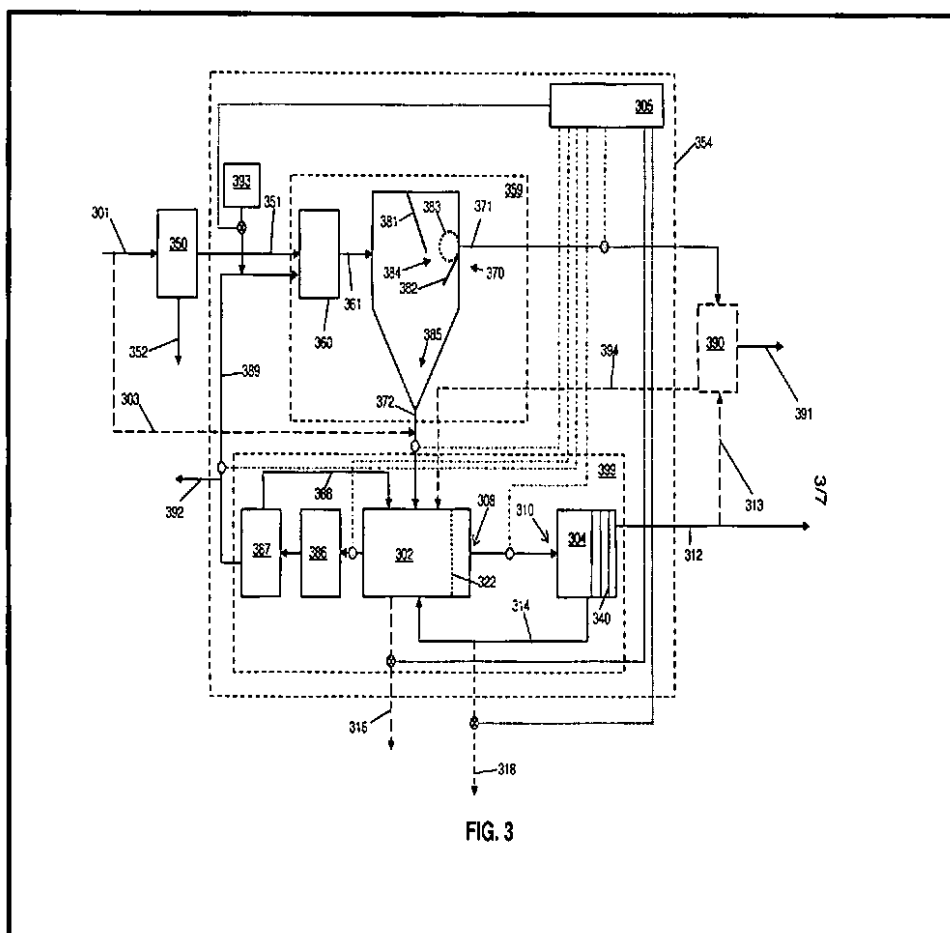


FIG. 3

12

Solicito la Concesión de la patente

NOMBRE: LUZ HELENA ADARVE GOMEZ

FIRMA:

[Handwritten signature]

C.C. 41.575.435 BTA TP. 14.884 C.S.J

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO
NIT : 800.176.089-2
- / -

 Industria y Comercio SUPERINTENDENCIA	RECIBO DE CAJA	No. 12 - 006346
		Bogotá D.C., Enero 23 de 2012 - 15:13:45

RECIBIDO DE : CARDENAS & CARDENAS ABOGADOS PI LTDA					NI 830.083.491
*** Soporte del Pago ***					
TIPO PAGO	BANCO	CUENTA	No. PAGO	FECHA PAGO	VR PAGO
CONSIGNACION	BANCO DE BOGOTA	062754387	191690531	23/01/2012	7.167.200.00

*** Conceptos Pagados ***				
CANT	RENTISTICO	CONCEPTO	Vr. UNIDITARIO	Vr. CONCEPTO
1	50005-01-01 SOLICITUDES	1 TRAMITES DE SOL. DE PATENTE DE INVENCIÓN	590.000.00	590.000.00
				\$590.000.00

SON: **QUINIENTOS NOVENTA MIL PESOS MONEDA CORRIENTE**

Responsable: _____

Recibo de Caja Aplicado al Expediente No. _____

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO



No. 12-013673- -00000-0000

Fecha: 2012-01-30 14:20:48 Dep. 2020 DIR.NUEVASCR
Tra. 11 PATENTEIYII Eve: 379 FASENACIONALII
Act. 411 PRESENTACION Folios: 254

Act. 411 PRESENTACION Folios: 253

CARDENAS & CARDENAS
ABOGADOS

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO

NIT : 800.176.089-2

- / -

Industria y Comercio
SUPERINTENDENCIA

RECIBO DE CAJA

No. 12 - 006351

Bogotá D.C., Enero 23 de 2012 - 15:13:45

RECIBIDO DE : CARDENAS & CARDENAS ABOGADOS PI LTDA

NI 830.083.491

*** Soporte del Pago ***

TIPO PAGO	BANCO	CUENTA	No. PAGO	FECHA PAGO	VR. PAGO
CONSIGNACION	BANCO DE BOGOTA	062754387	191690531	23/01/2012	7.167.200.00

*** Conceptos Pagados ***

CANT.	RENTISTICO	CONCEPTO	Vr. UNITARIO	Vr. CONCEPTO
21	50005-01-01 SOLICITUDES	1607 REIVINDICACION UNITARIA ADICIONAL A LAS 10 INICIALES	30.000.00	630.000.00
				<u>\$630.000.00</u>

SON: **SEISCIENTOS TREINTA MIL PESOS MONEDA CORRIENTE**

Responsable: _____

Recibo de Caja Aplicado al Expediente No. _____

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO



No. 12-013673- -00000-0000

Fecha: 2012-01-30 14:20:48 Dep. 2020 DIR.NUEVASCR
Tra. 11 PATENTEIYII Eve: 379 FASENACIONALII
Act. 411 PRESENTACION Folios: 254Tra. 11 PATENTEIYII Eve: 379 FASENACIONALII
Act. 411 PRESENTACION Folios: 253CARDENAS & CARDENAS
ABOGADOS

Sede Centro: Carrera 13 No. 27 - 00 Pisos 3,4,5 y 10 Bogotá, D.C.- Colombia

Web: www.sic.gov.co e-mail: Info@sic.gov.co Conmutador: (571) 5870000 Fax: (571) 5870284 Línea: 018000-910165 Call Center: (571) 6513240

Enero 23 de 2012 - 15:13:47



Industria y Comercio

SUPERINTENDENCIA

(21) N° de solicitud:

(22) Fecha de solicitud:

(51) Clasificación Internacional :

(71) Solicitante(s) 1. SAUDI ARABIAN OIL COMPANY
2. SIEMENS INDUSTRY, INC

(72) Inventor(es) CONNER WILLIAM G., SCHULTZ, THOMAS, E.

(74) Apoderado: LUZ HELENA ADARVE GOMEZ

(30) Prioridad	(31) <i>No. Prioridad</i>	32) <i>Fecha</i>	(33) <i>País</i>
	61/224.011	08/JUL/2009	US

(85) Fecha inicio fase nacional: 08/02/2012

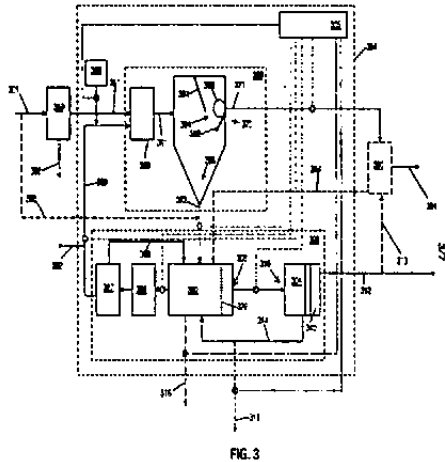
(86) Datos relativos a la presentación de la solicitud PCT

Fecha de presentación de la solicitud: 08/JUL/2010

No. de solicitud PCT/US2010/041317

(54) Título SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE BAJA CONCENTRACION Y PROCESO

(21) N° de solicitud:		(22) Fecha de solicitud:	
(51) Clasificación Internacional :			
(71)Solicitante(s) 1. SAUDI ARABIAN OIL COMPANY 2. SIEMENS INDUSTRY, INC			
(72) Inventor(es) CONNER WILLIAM G., SCHULTZ, THOMAS, E.			
(74) Apoderado: LUZ HELENA ADARVE GOMEZ			
(30) Prioridad	(31) No. Prioridad	32) Fecha	(33) Pais
	61/224.011	08/JUL/2009	US
(85) Fecha límite inicio fase nacional: 08.02.2012		(87) Publicación internacional:	
(86) Datos relativos a la presentación de la solíc. PCT		Fecha: 13/01/2011	
Fecha de presentación de la solicitud: 08/JUL/2010		No. Publicación WO 2011/005927	
No. de solicitud PCT/US2010/041317			



(54) Título:	SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE BAJA CONCENTRACION Y PROCESO
(57) Resumen:	

Se proporciona un sistema de tratamiento de aguas residuales de concentración baja que incluye un sistema de tratamiento de material adsorbente de flujo alto integrado con un reactor biológico de material adsorbente de flujo bajo. El sistema de tratamiento de material adsorbente de flujo alto incluye una o más operaciones de unidad para mezclar el agua residual de baja concentración con el material adsorbente que está fresco, reciclado, o una combinación de ambos, y para decantar un efluente líquido que tiene un nivel reducido de contaminantes. El material adsorbente con contaminantes adsorbidos se regenera en un reactor biológico de material adsorbente de flujo bajo en el cual se presenta una reacción biológica, tal como oxidación biológica, en donde los contaminantes orgánicos en el agua residual se metabolizan generalmente en dióxido de carbono y agua. El exceso de biomasa se remueve del material adsorbente, y el material adsorbente así regenerado se recicla al sistema de tratamiento de material adsorbente de flujo alto.

(21) N° de solicitud:				(51) Int Cl:	
22) Fecha de solicitud:				(71) Solicitante(s) 1. SAUDI ARABIAN OIL COMPANY 2. SIEMENS INDUSTRY, INC	
(30) Prioridad	(31) No. Prioridad	32) Fecha	(33) País	(72) Inventor(es) CONNER WILLIAM G. SCHULTZ, THOMAS, E.	
	61/224.011	08/JUL/2009	US	(74) Apoderado: LUZ HELENA ADARVE GOMEZ	
(85) Fecha limite inicio fase nacional: 08.02.2012				(87) Publicación internacional	
(86) Datos relativos a la presentación de la solicitud PCT				Fecha: 13/ENE/2011	
Fecha de presentación de la solicitud: 08/JUL/2010				N° publicación: WO 2011/005927	
No. de solicitud PCT/US2010/041317					
(54) Título: SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE BAJA CONCENTRACION Y PROCESO					

Resumen:

Se proporciona un sistema de tratamiento de aguas residuales de concentración baja que incluye un sistema de tratamiento de material adsorbente de flujo alto integrado con un reactor biológico de material adsorbente de flujo bajo. El sistema de tratamiento de material adsorbente de flujo alto incluye una o más operaciones de unidad para mezclar el agua residual de baja concentración con el material adsorbente que está fresco, reciclado, o una combinación de ambos, y para decantar un efluente líquido que tiene un nivel reducido de contaminantes. El material adsorbente con contaminantes adsorbidos se regenera en un reactor biológico de material adsorbente de flujo bajo en el cual se presenta una reacción biológica, tal como oxidación biológica, en donde los contaminantes orgánicos en el agua residual se metabolizan generalmente en dióxido de carbono y agua. El exceso de biomasa se remueve del material adsorbente, y el material adsorbente así regenerado se recicla al sistema de tratamiento de material adsorbente de flujo alto.

5 Esta solicitud reivindica el beneficio de la
Solicitud de Patente Provisional de E.U.A. No. 61/224,011
presentada el 8 de julio de 2009, que se incorpora por ello
para referencia en su totalidad.

Esta invención se refiere a un sistema y método para tratamiento de aguas residuales, y en particular a un sistema y método para tratar corrientes de aguas residuales de baja concentración.

El manejo efectivo de drenaje doméstico y aguas residuales industriales es un aspecto extremadamente importante de incrementar la calidad de vida y conservación del agua limpia. Los problemas asociados con descargar simplemente las aguas residuales en fuentes de agua tales como ríos, lagos y océanos, la práctica estándar hasta hace aproximadamente medio siglo, son evidentes los residuos biológicos y químicos que crean peligros a todas las formas de vida incluyendo la propagación de enfermedades infecciosas y exposición a químicos carcinogénicos. Por lo tanto, los procesos de tratamiento de aguas residuales han evolucionado en sistemas que varían desde las instalaciones de tratamiento de aguas residuales municipales ubicuas, donde se limpian las aguas residuales sanitarias de las poblaciones domésticas, hasta procesos de tratamiento de aguas residuales

industriales especializados, donde se deben tratar los contaminantes específicos en las aguas residuales de varias aplicaciones industriales.

Las instalaciones de tratamiento de aguas residuales típicamente usan múltiples etapas de tratamiento que incluyen tratamiento preliminar, tratamiento secundario y tratamiento terciario. La oxidación biológica es una etapa de tratamiento secundario bien conocida usada para remover la mayoría de los contaminantes de aguas residuales. Comúnmente, el efluente de oxidación biológica y/o otros procesos de tratamiento secundario todavía contienen niveles de contaminantes que requieren tratamiento adicional tal como tratamiento terciario para su remoción.

Los compuestos orgánicos e inorgánicos biológicamente refractarios y biológicamente inhibidores están presentes en ciertas corrientes de aguas residuales industriales y sanitarias que se tratan. Se han hecho varios intentos para atender el tratamiento de estos compuestos biológicamente refractarios y biológicamente inhibidores. Ciertos tipos de tratamientos conocidos incluyen el uso de carbón activado pulverizado para adsorber y remover posteriormente los compuestos orgánicos biológicamente refractarios y biológicamente inhibidores.

Una porción de ciertos procesos de tratamiento de aguas residuales que es de costo intensivo operacional implica la remoción de concentraciones relativamente bajas de contaminantes de aguas residuales que se han tratado por aireación u otros procesos secundarios. Mientras que varios sistemas se han empleado para tratamiento terciario, tal como adsorción y filtros, existe una necesidad para tratamiento terciario más eficiente y de bajo costo sin las limitaciones

y desventajas asociadas con procesos convencionales.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

De acuerdo con una o más modalidades, la invención
5 se refiere a un sistema y método para tratar aguas
residuales.

De acuerdo con una o más modalidades, la invención
se refiere a un método para tratar aguas residuales que
incluye:

10 mezclar aguas residuales, y en ciertas modalidades
agua residual de baja concentración, con material adsorbente
en una zona de mezclado por un tiempo suficiente para la
adsorción de contaminantes del agua residual sobre el
material adsorbente;

15 separar y remover la porción principal del agua
residual de la mezcla de agua residual y material adsorbente;
pasar el material adsorbente que tiene los
contaminantes adsorbidos por este y una porción menor del
agua residual al reactor de regeneración biológico;

20 mantener el material adsorbente y el agua residual
en suspensión en el reactor de regeneración biológico por un
periodo de tiempo que es suficiente para permitir que los
microorganismos en el reactor de regeneración biológico
actúen biológicamente en al menos una porción de los
25 contaminantes adsorbidos;

descargar el efluente de agua biológicamente
tratada del reactor de regeneración biológico; y

reciclar el material adsorbente regenerado a la
zona de mezclado.

30 De acuerdo con una o más modalidades, la invención
se refiere a un sistema para el tratamiento de aguas

residuales, y en ciertas modalidades, agua residual de baja concentración. El sistema incluye una zona de mezclado que tiene una entrada de agua residual, una entrada de material adsorbente y una salida de descarga. El sistema incluye
5 además una zona de sedimentación de material adsorbente y separación líquida que tiene una entrada de mezcla espesa en comunicación con la salida de descarga de la zona de mezclado, una entrada de agua tratada, y una salida de material adsorbente contaminado. El sistema también incluye
10 un sistema de reactor de regeneración biológico de material adsorbente que tiene un reactor de regeneración biológico que incluye una entrada de material adsorbente contaminado en comunicación con la salida de material adsorbente contaminado de la zona de sedimentación de material adsorbente y
15 separación líquida, una salida de agua biológicamente tratada, y una salida de material adsorbente regenerado en comunicación con la entrada de material adsorbente de la zona de mezclado.

De acuerdo con una o más modalidades, la invención
20 se refiere a un sistema para el tratamiento de agua residual, y en ciertas modalidades, agua residual de baja concentración. El sistema comprende un sistema de adsorción de alto flujo y un sistema de rector de regeneración biológico de material adsorbente de bajo flujo. El sistema de
25 adsorción de alto flujo incluye una entrada para recibir agua residual, una fuente de material adsorbente para poner en contacto el agua residual y los contaminantes adsorbidos del agua residual, una salida de líquido para descargar una porción mayor del agua residual recibida que se ha puesto en
30 contacto por el material adsorbente, y una salida de material adsorbente para descargar el material adsorbente que tiene

contaminantes adsorbidos y una porción menor del agua residual recibida. El sistema de reactor de regeneración biológico de material adsorbente de bajo flujo es para mantener el material adsorbente que tiene los contaminantes adsorbidos en suspensión por un periodo de tiempo que es suficiente para permitir que los microorganismos digieran los contaminantes orgánicos adsorbidos. El sistema de reactor de regeneración biológico de material adsorbente incluye un reactor de regeneración biológico que tiene una entrada para recibir material adsorbente con contaminantes adsorbidos de la salida de material adsorbente de un sistema de adsorción de alto flujo, una salida de licor mezclado, y una salida de material adsorbente en comunicación con la fuente de material adsorbente del sistema de adsorción de alto flujo.

15

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

La invención se describirá con detalle adicional posteriormente y con referencia a los dibujos anexos todos los cuales describen o se relacionan con el aparato, sistemas y métodos de la presente invención. En las figuras que no se pretenden para dibujarse a escala, cada componente similar que se ilustra en varias figuras se representa por un número similar. En las figuras:

La FIGURA 1 es un diagrama esquemático de un sistema de reactor biológico de membrana que usa un reactor biológico que contiene una o más zonas con material adsorbente en suspensión;

La FIGURA 2 es un diagrama esquemático de una modalidad de un sistema para el tratamiento de aguas residuales que usa un material adsorbente en un reactor biológico corriente arriba de un sistema de operación de

membrana usado en la presente invención para regenerar y/o reactivar material adsorbente;

La FIGURA 3 es un diagrama esquemático de un sistema de tratamiento de aguas residuales que incluye una modalidad de un sistema de tratamiento de material adsorbente de flujo alto que tiene una zona de mezcla y una zona de decantación de líquido y sedimentación de material adsorbente que se integra con reactor de regeneración biológico de material adsorbente de flujo bajo que tiene un reactor de regeneración biológico y un sistema de operación de membrana;

La FIGURA 4 es un diagrama esquemático de un sistema de tratamiento de aguas residuales que incluye un sistema de tratamiento de material adsorbente de flujo alto que tiene una zona de mezcla y otra modalidad una zona de separación de líquido y sedimentación de material adsorbente que se integra con un reactor de regeneración biológico de membrana de material adsorbente de flujo bajo;

La FIGURA 5 es un diagrama esquemático de sistema de tratamiento de aguas residuales que incluye un sistema de tratamiento de material adsorbente de flujo alto que se integra con otra modalidad de un reactor de regeneración biológico de material adsorbente de flujo bajo;

La FIGURA 6 es un diagrama esquemático de sistema de tratamiento de aguas residuales que incluye una modalidad adicional de un sistema de tratamiento de material adsorbente de flujo alto que se integra con un reactor de regeneración biológico de material adsorbente de flujo bajo;

La FIGURA 7 es un diagrama esquemático de un flujo de proceso para tratar aguas residuales de acuerdo con una modalidad de la presente invención que incluye irradiación de sólidos primarios; y

La FIGURA 8 es un diagrama esquemático de un flujo de proceso para tratar aguas residuales de acuerdo con otra modalidad de la presente invención que incluye irradiación de sólidos primarios.

5

10

15

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

20

Como se usa en este documento, "compuestos biológicamente refractarios" se refiere a aquellos tipos de compuestos de demanda de oxígeno químico ("COD") (orgánicos e/o inorgánicos) en aguas residuales que son difíciles de descomponer biológicamente cuando se ponen en contacto con microorganismos. Los "compuestos biológicamente refractarios" pueden tener grados variantes de naturaleza refractaria, que varían de aquellos que son levemente refractarios a aquellos que son altamente refractarios.

25

"Compuestos biológicamente inhibidores" se refiere a aquellos compuestos (orgánicos e/o inorgánicos) en las aguas residuales que inhiben el proceso de descomposición biológica.

30

"Biológicamente inestable" se refiere a compuestos orgánicos sencillos, fáciles de digerir tales como residuos humanos y de animal, residuos alimenticios, e inorgánicos,

tales como compuestos basados en amoníaco y fósforo.

"COD" o "Demanda de Oxígeno Químico", se refieren a una medición de la capacidad del desecho para consumir oxígeno durante la reacción química que resulta en la oxidación de la materia orgánica y la oxidación de químicos inorgánicos tales como amoníaco y nitrito. La medición de COD incluye compuestos biológicamente inestables, biológicamente inhibidores y biológicamente refractarios.

"BOD₅" se refiere a compuestos de demanda de oxígeno biológicos que son biológicamente degradables durante un periodo de 5 días.

"Sólidos suspendidos en el licor mezclado o "MLSS", se refiere a microbios y otras sustancias, ambos disueltos y suspendidos, presentes en las aguas residuales que se tratan; "sólidos suspendidos volátiles en el licor mezclado" o "MLVSS," se refiere a microbios activos en los MLSS; y "licor mezclado" se refiere a la mezcla combinada de aguas residuales, MLSS y MLVSS.

"Adsorbente" o "materiales adsorbentes" como se usan en este documento significan uno o más de carbón activado granular, incluyendo carbón activado granular que ha sido tratado para proporcionar afinidad a especies químicas predeterminadas, metales u otros compuestos descubiertos que están presentes en las aguas residuales que se van a tratar; compuestos basados en hierro granulares, por ejemplo, compuestos de óxido de hierro; resina sintéticas; y compuestos de aluminosilicato granulares.

"Sustancialmente libre" o "sustancialmente prevenido" en el contexto de describir la presencia de material adsorbente en el efluente que pasa de una sección de un sistema a otra, por ejemplo, de un reactor biológico que

contiene material adsorbente suspendido a un sistema de operación de membrana, se refiere a limitar la cantidad de material adsorbente que pasa al sistema de operación de membrana a una cantidad que no afecta adversamente la eficacia de requisito del proceso de filtración de membrana en este documento. Por ejemplo, en ciertas modalidades, "sustancialmente libre" o "sustancialmente prevenido" se refiere a retener por lo menos aproximadamente 80% en volumen de la cantidad predeterminada de material adsorbente que se usa en un sistema proporcionado dentro del reactor biológico o una o más zonas de reacción biológica, en modalidades adicionales, por lo menos aproximadamente 90% en volumen y todavía en modalidades adicionales por lo menos aproximadamente 95% en volumen, y aún todavía en modalidades adicionales al menos 99% en volumen. Sin embargo, se apreciará por una persona de experiencia ordinaria en el campo basado en las enseñanzas en este documento que estos porcentajes son simplemente ilustrativos, y pueden variar dependiendo de factores que incluyen pero no se limitan al tipo de membrana(s) usada(s) y su resistencia a la abrasión, la calidad del efluente requerido, la cantidad predeterminada de material adsorbente que se usa en un sistema proporcionado y otros factores.

Esta invención se dirige a los sistemas y métodos de tratamiento de aguas residuales. "Agua residual" como se usa en este documento, por ejemplo, como corrientes influentes 101, 201, 301, 401, 501, 601 ó 701, define cualquier agua que se trata tal como agua superficial, agua subterránea y una corriente de aguas residuales de fuentes industriales, agrícolas y municipales, que tienen contaminantes de material biodegradable, compuestos

inorgánicos, orgánicos inestables capaces de ser descompuestos por bacterias, compuestos biológicamente refractarios, y/o compuestos biológicamente inhibidores, que fluyen en este sistema de tratamiento de aguas residuales.

5 El agua residual de las fuentes industriales y municipales contiene típicamente sólidos biológicos, y materiales inertes y orgánicos, que incluyen compuestos orgánicos biológicamente inhibidores y refractarios. Ejemplos de compuestos orgánicos biológicamente inhibidores y refractarios pueden incluir químicos orgánicos sintéticos, 10 tales como químicos de tratamiento de polielectrolito. Otros compuestos orgánicos biológicamente inhibidores y refractarios incluyen bifenilos policlorados, hidrocarburos aromáticos policíclicos, dibenzo-p-dioxina policlorada y 15 dibenzofuranos policlorados. Los compuestos de deterioro endocrinos también son una clase de compuestos orgánicos biológicamente inhibidores y refractarios que pueden afectar los sistemas hormonales en los organismos y se encuentran en el medio ambiente. Los ejemplos de compuestos de deterioro 20 endocrinos incluyen: alquilfenólicos, tal como nonilfenol usado para remover el aceite así como también hormonas naturales y esteroides sintéticos encontrados en los anticonceptivos, tal como 17-b-estradiol, estrona, testosterona, etinil-estradiol.

25 Otros ejemplos de aguas residuales que se tratan incluyen: aguas residuales de alta resistencia; aguas residuales de baja resistencia; y lixiviado de vertederos. Las aguas también se pueden tratar para remover virus. Otros ejemplos de contaminantes en las aguas residuales incluyen: 30 bifenilos policlorados (PCBs); dioxinas; furanos; compuestos aromáticos polinucleares (PNAs); productos farmacéuticos,

petróleo; productos petroquímicos; subproductos petroquímicos; celulosa; fósforo; productos de desecho de la pulpa e industria del papel, compuestos de fósforo y derivados; y químicos agrícolas tales como aquellos derivados
5 de o usados para producir fertilizantes, pesticidas y herbicidas.

Las aguas residuales de fuentes industriales y municipales también pueden contener restos de compuestos constituyentes que se originan durante el proceso de
10 tratamiento del agua y son subsecuentemente difíciles de remover. Los ejemplos de restos constituyentes introducidos durante el proceso de tratamiento del agua incluyen nitrosaminas, tal como N-nitrosodimetilamina (NDMA) que se puede liberar de resinas catiónicas y aniónicas patentadas.

15 Como se usa en la presente, "aguas residuales de concentración baja" se refiere a aguas residuales que tienen una concentración baja de compuestos orgánicos biológicamente inestables (esto es, fácil de digerir), que es menor que la concentración de alimentación influente que soporta
20 típicamente un sistema de tratamiento biológico en un sistema de tratamiento secundario convencional tal como un procesos de aireación de lodo activada o un reactor biológico de membrana. Además, como se usa en la presente, "aguas residuales de concentración baja" incluyen efluentes que no
25 son sensibles a oxidación biológica en un sistema biológico de tratamiento tradicional como el agua residual es demasiado bajo en fuerza o contiene compuestos que no se degradan biológicamente de forma fácil. También pueden contener compuestos completamente resistentes a bio-descomposición,
30 compuestos biológicamente inhibitorios, y/o compuestos biológicamente refractarios, o una combinación de estos, que

ya sea no se pueden biológicamente oxidar, o requieren mucho más tiempo de residencia que los que están típicamente disponibles a un sistema de oxidación biológico.

Además, como se usa en la presente, "efluente
5 sometido a tratamiento de aguas residuales corriente arriba"
generalmente significa efluente de uno o más sistemas de
tratamiento de aguas residuales convencionales o cualquiera
desarrollado más tarde. El "efluente sometido a tratamiento
de aguas residuales corriente arriba" se puede derivar de
10 aguas residuales que se sometió a procesos de tratamiento
preliminar y/o primario, y procesos de tratamiento
secundario, por ejemplo, procesos de aireación de lodo
activado o reactores biológicos de membrana, y generalmente
tiene una concentración baja de compuestos orgánicos
15 biológicamente inestables (esto es, fácil de digerir), que
podrían típicamente no ser suficientes para soportar una
reacción biológica en la mayoría de los sistemas de
tratamiento secundario convencional tal como procesos de
aireación de lodo activado o reactores biológicos de
20 membrana. Además, también se contempla en ciertas modalidades
de la presente invención que "efluente sometido a tratamiento
de aguas residuales corriente arriba" es efluente que también
se ha sometido a uno o más tratamientos terciarios
convencionales o desarrollados más tarde. Por ejemplo, en
25 ciertas instalaciones de tratamiento de aguas residuales, el
efluente de un sistema de tratamiento terciario puede
contener niveles contaminantes que exceden los niveles de
descarga asignados, y tal efluente se puede tratar por el
sistema y método de la presente invención. En modalidades
30 adicionales, el "efluente sometido a tratamiento de aguas
residuales corriente arriba" se puede derivar de un sistema

de separación primaria en el que sustancialmente todos los sólidos se han removido, tal como uno o más de sedimentadores, clarificadores u otros dispositivos de separación de sólido. En todavía modalidades adicionales, 5 "efluente sometido a tratamiento de aguas residuales corriente arriba" puede incluir aguas residuales que se han sometido a un sistema de separación primario seguido por irradiación.

En general, las instalaciones de tratamiento de 10 aguas residuales usan múltiples etapas de tratamiento para limpiar el agua de modo que se puede liberar con seguridad en cuerpos de agua tales como lagos, ríos y corrientes. Actualmente, muchas plantas de tratamiento de drenaje sanitario incluyen una fase de tratamiento preliminar en la 15 cual se usan medios mecánicos para remover grandes objetos (por ejemplo, cribas de barras), y un canal de arena o arenilla donde la arena, arenilla y piedras se asientan. Algunos sistemas de tratamiento también incluyen una etapa primaria donde ciertas grasas y aceites flotan a la 20 superficie para la remoción, y los sólidos más pesados se asientan en el fondo, y son tratados subsecuentemente en un digestor aeróbico o anaeróbico para digerir la biomasa y reducir los niveles de sólidos biológicos.

Después del tratamiento preliminar y/o primario, el 25 agua residual luego se envía a una fase de tratamiento de lodo activado biológico secundario. El tratamiento biológico del agua residual se practica ampliamente. El agua residual se trata comúnmente con lodo activado residual, en el cual los sólidos biológicos son afectados por las bacterias dentro 30 de un tanque de tratamiento. Los procesos de lodo activado implican el tratamiento biológico aeróbico en un tanque de

aireación, seguido típicamente por un tanque clarificador/de asentamiento. El lodo asentado se recicla de nuevo al tanque de aireación a fin de mantener una concentración de sólidos suspendidos en el licor mezclado adecuado para digerir los contaminantes. Algunas alternativas disponibles para la eliminación de biosólidos de exceso, por ejemplo, lodo, incluyen pero no se limitan a incineración, eliminación en un vertedero o uso como fertilizante si no hay componentes tóxicos.

En el tanque de aireación, un gas que contiene oxígeno tal como aire u oxígeno puro se agrega al licor mezclado. Oxígeno se usa típicamente por las bacterias para oxidar biológicamente los compuestos orgánicos que ya sea se disuelven o se llevan en suspensión dentro de la alimentación de aguas residuales. La oxidación biológica es típicamente el método de oxidación de costo más bajo disponible para remover los contaminantes orgánicos y algunos compuestos inorgánicos, tales como compuestos de amoníaco y fósforo, del agua residual y es el sistema de tratamiento más ampliamente usado para el agua residual contaminada con compuestos orgánicos biológicamente tratables. Las aguas residuales que contienen compuestos completamente resistentes a la biodescomposición, compuestos biológicamente inhibidores, y/o compuestos biológicamente refractarios pueden no adecuadamente tratarse por un sistema de tratamiento de aguas residuales biológico sencillo convencional. Estos compuestos sólo pueden actuar sobre la bacteria durante un tiempo de retención hidráulica dentro del tanque de tratamiento específico. Debido a que el tiempo de retención hidráulica es generalmente insuficiente para la oxidación biológica de una cantidad de los compuestos biológicamente inhibidores suficiente y/o compuestos

biológicamente refractarios, es posible que alguna porción de estos compuestos recalcitrantes, no se puedan tratar o destruir adecuadamente y pueden pasar a través de un proceso de tratamiento no cambiado o sólo parcialmente tratado antes
5 de descargarse en ya sea un efluente o lodo residual de exceso.

El efluente del licor mezclado del tanque de aireación entra típicamente a un tanque clarificador/de asentamiento donde el lodo, que incluye sólidos suspendidos
10 en el licor mezclado concentrado, asentado por gravedad. La biomasa sedimentada se desperdicia, es decir, se descarga, a la eliminación fuera del sitio, o circulando nuevamente al tanque de aireación. Sin embargo, con base en las aguas residuales y las necesidades económicas, algunos sistemas de
15 oxidación biológica usan un método de tratamiento diferente para remover los sólidos del efluente de aguas residuales. El tanque clarificador/de asentamiento se puede reemplazar con un sistema operativo de membrana, u otra operación unitaria tal como un dispositivo de disolución/de flotación de aire
20 inducido. El efluente líquido del tanque clarificador/de asentamiento, el dispositivo de sistema operativo o de flotación de aire disuelto/inducido ya sea se descarga o proporciona tratamiento adicional antes de la descarga. Los sólidos que se remueven del dispositivo de
25 clarificación/separación se regresan al tanque de aireación como el lodo activado de retorno a fin de retener una concentración adecuada de bacterias en el sistema. Alguna porción de este lodo activado de retorno se remueve periódicamente de esta línea de reciclado, conocida como lodo
30 activado de desecho, a fin de controlar la concentración de bacterias en el licor mezclado. Este lodo activado se coloca

luego en un una misma manera predeterminada.

Una ventaja reciente en la tecnología de planta de tratamiento de aguas residuales biológica industrial convencional incluye la adición de partículas de carbón
5 activado pulverizado al licor mezclado. En los procesos de tratamiento biológico que usan carbón activado pulverizado, los orgánicos se pueden adsorber sobre el carbón activado y permanecer dentro del tanque de tratamiento por un tiempo de retención hidráulica que es similar al tiempo de residencia
10 del lodo y por lo tanto se someten tanto a los tratamientos adsorbentes como biológicos extendidos que dan por resultado la remoción mejorada de ciertos compuestos biológicamente inhibidores o refractarios. En estos procesos, ciertos compuestos orgánicos e inorgánicos se adsorben físicamente a
15 la superficie de las partículas de carbón activado pulverizado. Al menos una cierta porción de estos compuestos se degradan entonces biológicamente, por ejemplo, oxidado en un proceso aeróbico, durante el tiempo extendido que se presenta en el sistema, y el resto se adsorbe y descarga con
20 el carbón activado cuando se desecha del sistema.

El carbón activado pulverizado se ha usado en plantas de tratamiento biológico convencionales debido a su capacidad de absorber compuestos biológicamente inhibidores y biológicamente refractarios, proporcionando en consecuencia
25 un efluente con bajas concentraciones de estos contaminantes. La inclusión del carbón activado pulverizado en el licor mezclado proporciona una variedad de beneficios operacionales. El carbón proporciona las ventajas de un sistema de tratamiento biológico con medios suspendidos que
30 incluyen remoción incrementada de contaminantes y condiciones incrementadas de tolerancia a alteradas. Adicionalmente, el

carbón permite que los compuestos biológicamente inhibidores y biológicamente refractarios absorban sobre la superficie del carbón y se expandan a la biología durante un periodo de tiempo significativamente más prolongado que en un sistema de tratamiento biológico convencional, proporcionando en consecuencia beneficios similares a aquellos que un sistema de película fija. El carbón también permite la evolución de cepas específicas de bacterias que son más capaces de digerir los materiales orgánicos biológicamente inhibidores. El hecho de que el carbón se recicla continuamente de nuevo al tanque de aireación con el lodo activado de retorno, es decir el tiempo de residencia del lodo, se refiere a que las bacterias pueden funcionar en la digestión de los compuestos orgánicos biológicamente inhibidores adsorbidos sobre la superficie del carbón durante un periodo de tiempo más prolongado que el tiempo de detención hidráulica del sistema de tratamiento biológico. Este proceso también da por resultado la regeneración biológica del carbón y permite que el carbón remueva significativamente más compuestos biológicamente inhibidores y biológicamente refractarios en el que podría en un sistema de filtros de carbón de lecho empacado simple que también requeriría reemplazo frecuente o regeneración física costosa del carbón una vez que la capacidad de adsorción del carbón se agota. El carbón en el licor mezclado también puede adsorber ciertos compuestos y proporcionar por lo tanto un efluente que está libre de o tiene una concentración sustancialmente reducida de compuestos inorgánicos que no son tratables por oxidación biológica convencional o de otra manera son completamente resistentes a la bio-descomposición. Un ejemplo de un sistema de carbón activado en polvo conocido se ofrece por Siemens Water Technologies bajo la marca

comercial "PACT®".

Sin embargo, debido a que tanto el crecimiento biológico como la absorción de los componentes orgánicos e inorgánicos ocurren en el carbón activado en forma de polvo, es requerido el desperdicio de los sólidos de exceso. Además, el carbón activado pulverizado se carga del proceso de tratamiento con la remoción de biosólidos y por lo tanto, se debe reemplazar continuamente. El modo primario de remoción contaminante en un sistema PACT® es la adsorción, con la función secundaria de la regeneración biológica de orgánicos adsorbidos en el carbón activado en polvo; el carbón activado en polvo no se mantiene en el sistema por un periodo suficiente de tiempo para la regeneración biológica para ser el mecanismo de tratamiento primario.

Cada vez más, el agua residual sanitaria está siendo tratada usando tecnología de reactor biológico de membrana, que ofrece calidad de efluente mejorada, un tamaño físico más pequeño (se pueden tratar más aguas residuales por área unitaria), tolerancia incrementada a alteraciones, capacidad mejorada de procesar aguas residuales difíciles de tratar y una variedad de otras ventajas operacionales. Por ejemplo, las aguas residuales que contienen altos sólidos disueltos totales pueden experimentar problemas de asentamiento en un tanque clarificador/de asentamiento convencional y requiere significativamente más dispositivos de separación de sólidos difíciles de operar tal como un dispositivo de flotación de aire disuelto/inducido o algún otro sistema de remoción de sólidos. Sin embargo, mientras que los reactores biológicos de membrana eliminan los problemas de asentamiento experimentados con los sistemas de tanque clarificador/de asentamiento, frecuentemente presentan

problemas de ensuciamiento de la membrana y espumación que no ocurre en los sistemas convencionales que usan clarificadores. El ensuciamiento de la membrana puede ser el resultado de los compuestos poliméricos extracelulares que resultan de la descomposición de las formas de vida biológicas en los sólidos suspendidos en el licor mezclado, la acumulación de materiales orgánicos tales como aceites, o por la incrustación causada por materiales inorgánicos.

Además, a la fecha, los reactores biológicos de membrana no se han usado comercialmente con la adición de carbón activado pulverizado. Ha habido algún uso del carbón activado pulverizado en los sistemas de tratamiento de agua superficial que usan membranas para la filtración. Sin embargo, se ha reportado que estos sistemas de tratamiento de agua superficial que usan membranas y carbón activado pulverizado tienen problemas con el carbón que erosiona las membranas y el carbón tapa y/o ensucia permanentemente las membranas.

El agua residual industrial que se debe tratar antes de la descarga o reutilización incluye frecuentemente aguas residuales aceitosas, que pueden contener hidrocarburos emulsionados. Las aguas residuales aceitosas pueden provenir de una variedad de industrias que incluyen industrias de acero y aluminio, industrias de procesamiento químico, industrias automotrices, industrias de lavandería e industrias de producción de aceite crudo y de refinación de petróleo. Como se plantea anteriormente, una cierta cantidad de aceites no emulsionados y otros hidrocarburos se pueden remover en procesos de tratamiento primarios, donde los aceites flotantes se remueven de la parte superior. Sin embargo, los procesos de aguas residuales secundarios

biológicos se emplean generalmente para remover los aceites sobrantes del agua residual, típicamente los aceites disueltos y emulsionados, aunque algún aceite libre puede existir. Los hidrocarburos típicos que permanecen después del tratamiento primario pueden incluir lubricantes, fluidos de corte, alquitranes, grasa, aceites crudos, aceites de diesel, gasolina, queroseno, combustible para aviones y los similares. Estos hidrocarburos se deben remover típicamente antes de la descarga del agua en el medio ambiente o la reutilización del agua en el proceso industrial. Además de las regulaciones gubernamentales y las preocupaciones ecológicas, la remoción eficiente de los hidrocarburos sobrantes también tiene beneficios, ya que el agua residual adecuadamente tratada se puede usar en muchos procesos industriales si eliminar costos de tratamiento de aguas sin procesar y reducir las preocupaciones reguladoras de descarga.

Otros tipos de aguas residuales que se deben tratar incluyen agua de proceso contaminada de otros procesos industriales tales como manufactura de productos farmacéuticos, diversos artículos, productos agrícolas (por ejemplo, fertilizantes, pesticidas, herbicidas), y procesamiento papel, así como también agua residual médica.

El desarrollo comercial de los reactores biológicos de membrana en el tratamiento de agua residual aceitosa/industrial ha sido muy lento de desarrollar, principalmente debido a problemas de mantenimiento asociados con el ensuciamiento de aceite y químicos de las membranas. La prueba del agua residual industrial/aceitosa tratada en un reactor biológico de membrana que tiene carbón activado pulverizado agregado al licor mezclado indicó las mismas

ventajas de tratamiento como se observa en los sistemas de tratamiento de agua residual biológico convencional que incluye carbón activado pulverizado. También se observó que las ventajas de usar un reactor biológico de membrana también se pueden lograr. Una comparación simultánea de los reactores biológicos de membrana con y sin la adición de carbón activado pulverizado demostró que el reactor biológico de membrana con carbón activado pulverizado proporcionó ventajas de tratamiento comparadas a los reactores biológicos de membrana sin carbón activado. Adicionalmente, el reactor biológico de membrana sin la adición de carbón fue muy difícil de operar debido a los orgánicos disueltos y los compuestos poliméricos extracelulares que ensucian las membranas. Sin embargo, la prueba demostró adicionalmente que mientras que la adición del carbón activado pulverizado proporcionó un sistema de tratamiento de aguas residuales biológico muy viable, el carbón tuvo el efecto nocivo de una cantidad significativa de abrasión y ensuciamiento no reversible de las membranas. Esta abrasión y ensuciamiento no reversible fueron suficientemente significativos para dar por resultado este sistema que es muy costoso de operar, debido a la expectación de vida significativamente disminuida de las membranas y la frecuencia de limpieza de las membranas.

La oxidación biológica tradicional de aguas residuales es comúnmente una etapa de tratamiento secundario usado para remover la mayoría de los contaminantes de aguas residuales, como es típicamente el método de oxidación menos costoso disponible para tratar los compuestos orgánicos en el agua residual. Además, en un grado inferior, un sistema biológico puede también remover algunos compuestos inorgánicos, como algunos de los contaminantes inorgánicos

que pueden ya sea oxidarse (por ejemplo, amoníaco, fosfatos), adherirse a la biomasa, o se pueden adsorber por la biomasa. Si se adsorbe por la biomasa se descarga últimamente con el lodo activado de desecho.

5 A pesar de los avances y desarrollos en procesos de oxidación biológica y otros tratamientos secundarios, muchos sistemas de tratamiento secundario no son capaces de tratar adecuadamente la alimentación de aguas residuales por solo oxidación biológica. El efluente de aguas residuales que se
10 ha sometido a tratamiento secundario algunas veces no tiene niveles suficientemente bajos de contaminantes orgánicos e/o inorgánicos, para permitir descarga o reutilización en cumplimiento con límites reguladores. En consecuencia, las etapas de tratamiento terciario frecuentemente se requieren.

15 Las etapas de tratamiento terciario convencional incluyen frecuentemente paso de efluente que se ha sometido a tratamiento secundario a través de una o más columnas adsorbentes, que incluyen material adsorbente tal como carbón activado, comúnmente conocido como "depurador". Otros
20 procesos de tratamiento terciario puede incluir paso del efluente de tratamiento secundario a través de uno o más filtros, coalescentes, oxidación de UV, oxidación química, otro sistema de tratamiento terciario, o una combinación de estos sistemas. Sin embargo, estos sistemas de tratamiento
25 terciario frecuentemente son grandes y/o costosos para operar. Una razón clave para el tamaño problemático y gastos de sistemas de tratamiento terciario convencionales es que el efluente de tratamiento secundario completo que tiene una concentración relativamente baja de contaminantes, o una
30 porción sustancial del mismo, se someten a estos tratamientos.

Los sistemas y métodos de la presente invención quitan las desventajas de sistemas de tratamiento terciario existentes, y en ciertas modalidades proporciona un sistema que se puede usar como un sistema de tratamiento secundario o terciario, particularmente cuando las aguas residuales a tratarse son aguas residuales de concentración baja.

La presente invención se dirige a un proceso y sistema de tratamiento de aguas residuales mejorado para tratar una corriente de aguas residuales que tiene una velocidad de flujo similar a la velocidad de flujo influente, esto es, flujo alto, en un sistema de tratamiento biológico que tiene un flujo bajo. Esto se alcanza al adsorber los contaminantes en la corriente de flujo alto sobre material adsorbente y luego regenerar biológicamente y/o reactivar el material adsorbente en un sistema de reactor de regeneración biológico de membrana de medio suspendido. Este sistema es particularmente útil para el procesamiento de aguas residuales de concentración baja que no es particularmente adecuado para tratamiento de aguas residuales biológicas convencional debido al nivel bajo de compuestos biológicamente inestables.

En ciertas modalidades, el proceso y sistema de tratamiento de aguas residuales para aguas residuales de concentración de contaminante baja es útil como un sistema de tratamiento terciario, en el cual una porción sustancial de efluente que se ha sometido a tratamiento secundario y/u otro tratamiento corriente arriba se expone a un tratamiento de material adsorbente de flujo alto, y una porción menor que tiene un nivel relativamente mayor de contaminantes adsorbidos en el material adsorbente se somete a un sistema de tratamiento de regeneración biológico adsorbente de flujo

bajo para regenerar el material adsorbente.

El sistema y método para tratamiento de aguas residuales de la presente invención comprende un sistema de tratamiento que incluye un sistema de tratamiento de material
5 adsorbente de flujo alto integrado con un reactor de regeneración biológico de material adsorbente de flujo bajo. En general, sistema de tratamiento de material adsorbente de flujo alto incluye una o más operaciones de unidad para mezclar aguas residuales de concentración baja, u otra agua
10 residual que contiene compuestos completamente resistentes a la bio-descomposición, compuestos biológicamente inhibidores, y/o compuestos biológicamente refractarios, o una combinación de estos, con material adsorbente y que decanta efluente líquido que tiene una concentración reducida de
15 contaminantes.

El material adsorbente que tiene contaminantes de las aguas residuales de concentración baja adsorbidas en su superficie y/o en la superficie de paredes de poro se pasa a un reactor de regeneración biológico de material adsorbente
20 de flujo bajo en el cual micro-organismos degradan contaminantes orgánicos y ciertos inorgánicos y proporcionan un material adsorbente con concentraciones más bajas de estos compuestos de tal manera que pueden volverse a usar como adsorbente fresco. En ciertas modalidades en las cuales el
25 reactor biológico es un reactor biológico aeróbico que tiene una fuente de oxígeno para soportar micro-organismos aeróbicos, la reacción biológica incluye oxidación biológica, en donde los contaminantes orgánicos en las aguas residuales se metabolizan generalmente en dióxido de carbono y agua. El
30 exceso de biomasa se remueve del material adsorbente, y el material adsorbente regenerado se recicla para el sistema de

tratamiento de material adsorbente de flujo alto. Alternativamente, el reactor biológico de material adsorbente de flujo bajo podría ser un sistema de reactor de regeneración biológico anaeróbico, por ejemplo, en 5 modalidades en las cuales los compuestos a adsorberse en el material adsorbente se degradan más fácilmente en un reactor anaeróbico.

De acuerdo con una o más modalidades, la presente invención emplea un sistema que incluye un sistema de reactor 10 biológico de membrana de medio suspendido, tal como un reactor de aireación de carbón activado granular, seguido por un sistema de operación de membrana, en el cual el material adsorbente se previene sustancialmente de entrar al sistema de operación de membrana, como se describe en Publicación PCT 15 Número WO/09085252, que se incorpora como referencia en su totalidad.

En una modalidad preferida, la presente invención proporciona un proceso de tratamiento terciario que incluye las etapas de: mezclar material adsorbente con aguas 20 residuales de concentración baja; sedimentar el material adsorbente; decantar o de otra manera remover el agua contactada por el material adsorbente; tratar el material adsorbente que tiene contaminantes adsorbidos en un reactor de regeneración biológico; tratar licor de mezcla del reactor 25 biológico, que incluye sólidos suspendidos de licor mezclado y sólidos suspendidos de licor volátil mezclado, que está sustancialmente libre del material adsorbente, en un sistema de operación de membrana; que remueve el exceso de biomasa del material adsorbente; y reciclar el material adsorbente a 30 la etapa de mezclarlo con las aguas residuales de concentración baja en un sistema de tratamiento de material

adsorbente de flujo alto. Ventajosamente, el sobrenadante decantado incluye una porción sustancial de aguas residuales de concentración baja. En consecuencia, el reactor de regeneración biológico y el sistema de operación de membrana se emplean para tratar solamente una porción pequeña del volumen del efluente de aguas residuales de concentración baja total previamente sometido a tratamiento corriente arriba en procesos del arte previo. Un tratamiento de costo efectivo se proporciona de este modo para aguas residuales de concentración baja, especialmente como se compara con sistemas de tratamiento terciario convencional tal como columnas de adsorción de carbón activado granular típicamente utilizadas para aguas residuales refinadas descargadas de una zona de tratamiento secundario. Estos sistemas regeneran típicamente el material adsorbente con procesos de regeneración de energía intensa tales como regeneración por aire caliente o regeneración por vapor.

El sistema de tratamiento de aguas residuales de concentración baja de la presente invención incluye material adsorbente que en ciertas modalidades preferidas es carbón activado granular, en uno o más recipientes colocados para adsorber compuestos orgánicos en concentraciones bajas. Los orgánicos adsorbidos se exponen posteriormente a microorganismo biológicos en un reactor biológico de material adsorbente de flujo bajo durante un periodo de tiempo que es mucho más prolongado que el tiempo de residencia hidráulico típico en filtros de carbón activados granulares. El sistema y proceso de tratamiento de aguas residuales de concentración baja de la presente invención concentra estos compuestos orgánicos del efluente que se ha sometido a tratamiento de aguas residuales corriente arriba. En consecuencia, cuando se

emplea como un sistema de tratamiento terciario, el sistema y proceso de tratamiento de aguas residuales de concentración baja de la presente invención permite que los contaminantes orgánicos se expongan a bacterias durante un periodo más prolongado de tiempo que normalmente alcanzaría con base en el flujo de los tratamiento de aguas residuales corriente arriba en sistemas de tratamiento secundario convencionales. Así, el tiempo para reacción biológica, por ejemplo, oxidación biológica en modalidades en las cuales los micro-organismos son bacterias aeróbicas, se incrementa sustancialmente. El uso de regeneración biológica en vez de los sistemas de energía intensa empleado típicamente para regenerar carbón activado granular en filtros de refinado, es un sistema de regeneración efectivo de mucho más costo.

De acuerdo con una o más modalidades, el sistema de tratamiento de aguas residuales de concentración baja de la presente invención incluye material adsorbente que en ciertas modalidades preferidas es carbón activado granular, en uno o más recipientes configurados para adsorber compuestos orgánicos en concentraciones bajas. El sistema y proceso de tratamiento de aguas residuales de concentración baja de la presente invención concentra estos compuestos orgánicos del efluente que se ha sometido a tratamiento de aguas residuales corriente arriba. En consecuencia, cuando se emplean como un sistema de tratamiento terciario, el sistema y proceso de tratamiento de aguas residuales de concentración baja de la presente invención permite a orgánicos para exponerse a bacterias durante un periodo de tiempo más prolongado que normalmente se alcanzaría con base en el flujo de los tratamientos de aguas residuales corriente arriba en sistemas de tratamiento terciario convencionales, por ejemplo,

sistemas de pulido de carbón. Así, el tiempo de reacción biológica, por ejemplo, oxidación biológica en modalidades en las cuales los micro-organismos son bacterias aeróbicas, es sustancialmente más largo que lo que se lograría en un
5 reactor biológico que trata el flujo influente de entrada.

Además, de acuerdo con una o más modalidades, el sistema y proceso de tratamiento de aguas residuales de concentración baja de la presente invención usa material adsorbente tal como carbón activado granular para adsorber
10 los contaminantes de las aguas residuales de concentración baja, por ejemplo, una corriente de aguas residuales de concentración baja de flujo completo de un sistema de tratamiento secundario, y transfiere el material adsorbente que tiene los contaminantes adsorbidos en un sistema de
15 reactor biológico de membrana relativamente pequeña que tiene una configuración similar al sistema de reactor biológico de membrana descrito en solicitud PCT co-pendiente y de propiedad común número PCT/US10/38644, que se incorpora en la presente como referencia, y en Publicación PCT Número
20 WO/09085252, que también se incorpora como referencia en la presente. Los compuestos orgánicos que se adsorben en el material adsorbente se tratan biológicamente en un sistema de reactor biológico de membrana de medio suspendido, y en consecuencia evita la necesidad para tratar el flujo de aguas
25 residuales completo y carga orgánica del sistema de tratamiento de aguas residuales corriente arriba. En modalidades en las cuales el sistema de reactor biológico de membrana media suspendido es un sistema aeróbico, la biomasa se suministra con el oxígeno de requisito para oxidación
30 biológica al usar aire u oxígeno de un difusor de aire y/u otra fuente. En modalidades en las cuales el sistema de

reactor biológico de membrana medio suspendido es un reactor biológico anaeróbico, el sistema se opera bajo condiciones de requisito para degradar anaeróbicamente los compuestos. Un sistema de reactor biológico de membrana relativamente
5 pequeña puede así tratar los compuestos orgánicos que se presentan en concentraciones bajas en la corriente de flujo alto de efluente sometido a tratamiento de aguas residuales corriente arriba.

Además, mientras ciertas modalidades de la presente
10 invención se describen como procesos y sistemas terciarios para tratar efluente a partir de uno o más procesos de tratamiento de aguas residuales corriente arriba, que incluye procesos primarios y/o secundarios, se apreciará por una persona experta en la técnica que los sistemas y métodos de
15 la presente invención se pueden emplear para tratar efluente de aguas residuales directamente de ciertos procesos que tienen concentraciones bajas de orgánicos, por ejemplo, que no soportarían efectivamente la biología en un reactor biológico convencional.

20 Las FIGs. 1 y 2 son representaciones de sistemas de reactor biológico de membrana de medio suspendido adecuados para la integración con el sistema de la presente invención para tratar aguas residuales de concentración baja, y en particular, para regeneración y/o reactivación de material
25 adsorbente que tiene contaminantes adsorbidos al respecto en una etapa de adsorción de flujo alto. Estos sistemas, descritos en solicitud PCT número PCT/US10/38644 y en Publicación PCT Número WO/09085252, proporcionan para el uso de material adsorbente tal como carbón activado granular en
30 un sistema de reactor biológico corriente arriba de un sistema de operación de membrana. En particular, los sistemas

incluyen un subsistema de separación que evita sustancialmente material adsorbente de pasar al sistema de operación de membrana y de este modo abrasión, contaminación o de otra manera perjudicar las membranas en la presente.

5 Con referencia ahora a la FIGURA 1, se representa esquemáticamente un sistema de tratamiento de aguas residuales 100 que incluye un sistema de reactor biológico 102 corriente arriba de un sistema de operación de membrana 104. En ciertas modalidades, el sistema de reacción biológico 102 incluye un solo recipiente de reactor biológico. En 10 modalidades adicionales, el sistema de reactor biológico 102 incluye una pluralidad de recipientes de reactor biológico, un recipiente de reactor biológico dividido en secciones separadas, o una pluralidad de recipientes de reactor 15 biológico algunos o todos de los cuales se pueden dividir en secciones separadas. Los recipientes de reactor individual o las secciones segregadas se refieren en este documento generalmente como una zona de reacción biológica. Durante las operaciones de tratamiento de aguas residuales usar los 20 sistemas de reactor biológico de membrana de medio suspendido, el material adsorbente junto con los microorganismos se mantiene en suspensión en todas las zonas de reacción biológica o un subconjunto del número total de zonas de reacción biológica. El sistema de operación de 25 membranas 104 se mantiene sustancialmente libre de material adsorbente que usa uno o más de los subsistemas de separación descritos en este documento. Una corriente de aguas residuales de flujo entrante 106 se introduce desde un sistema de tratamiento primario, un sistema de criba 30 preliminar, o como un flujo directo de aguas residuales previamente no tratadas. En modalidades adicionales, la

corriente de aguas residuales de flujo entrante 106 puede ser agua residual previamente tratada, por ejemplo, un efluente de uno o más reactores biológicos corriente arriba, que incluyen pero no se limitan a, reactores biológicos
 5 aeróbicos, reactores biológicos anóxicos, reactores de flujo continuo, reactores de lote de secuenciación, o cualquier variedad de otros tipos de sistema de tratamiento biológico capaces de degradar biológicamente el compuesto orgánico y en ciertas modalidades algunos compuestos inorgánicos.

10 Los reactores biológicos y/o ciertas zonas del reactor biológico pueden ser varios tipos de reactores biológicos, que incluyen pero no se limitan a reactores biológicos aeróbicos, reactores biológicos anóxicos, reactores biológicos anaeróbicos, reactores de flujo
 15 continuo, reactores de lote de secuenciación, filtros de escurrido, o cualquier variedad de otros tipos de sistemas de tratamiento biológico capaces de degradar biológicamente el compuesto orgánico y en ciertas modalidades algunos compuestos inorgánicos.

20 Además los reactores biológicos y/o ciertas zonas de reactor biológico usadas en la presente pueden ser de cualquier tamaño o forma adecuados para suspender el material adsorbente en conjunción con el sistema de suspensión. Por ejemplo, el recipiente puede tener un área de sección
 25 transversal de cualquier forma, tal como circular, elíptica, cuadrada, rectangular o cualquier forma irregular. En algunas modalidades el recipiente puede construirse o modificarse a fin de promover la suspensión adecuada del material adsorbente.

30 La FIGURA 2 representa esquemáticamente el flujo de proceso de un sistema de tratamiento de aguas residuales 200

para producir un efluente tratado que tiene concentraciones reducidas de compuestos orgánicos e inorgánicos biológicamente inestables, biológicamente refractarios, y/o biológicamente inhibidores que son totalmente resistentes a la descomposición biológica. El sistema 200 incluye generalmente un reactor biológico 202 y un sistema de operación de membrana 204. El reactor biológico 202 incluye una entrada 206 para recibir agua residual y una salida 208 para descargar el efluente que se ha tratado biológicamente, que incluye sólidos suspendidos volátiles en el licor mezclado y/o licor mezclado, al sistema de operación de membrana 204.

El reactor biológico 202 incluye una masa distribuida de material adsorbente 234 que tiene poros 236 y una cantidad efectiva de uno o más microorganismos 238, que ambos se adhieren al material adsorbente y que flotan libres y se separan del material adsorbente en el licor mezclado, para actuar sobre compuestos biológicamente inestables y ciertos compuestos biológicamente refractarios y/o biológicamente inhibidores en el licor mezclado. Los sitios de adsorción del material adsorbente, que incluyen la superficie exterior de los gránulos o partículas absorbentes, y la superficies de pared de los poros 236, sirven inicialmente como sitios de absorción para los compuestos biológicamente inestables, biológicamente refractarios, biológicamente inhibidores y/u orgánicos e inorgánicos que son totalmente resistentes a la descomposición biológica. Además, los microorganismos 238 se pueden adsorber en los sitios de adsorción en el material adsorbente. Esto permite que los niveles de digestión más altos de ciertos compuestos biológicamente refractarios y/o biológicamente inhibidores

requerir tiempos de retención hidráulica proporcionalmente más prolongados y tiempos de retención de lodo. Debido al hecho de que ciertos compuestos biológicamente refractarios y/o biológicamente inhibidores se retengan por periodos
5 prolongados de tiempo sobre el material adsorbente, los cuales se aíslan o se retienen en los reactores biológicos.

Generalmente, los compuestos biológicamente inestables y ciertos compuestos inorgánicos se digerirán relativamente de manera rápida y predominantemente por los
10 micro-organismos que no se adhieren al material adsorbente, es decir, los microorganismos que flotan libres en el licor mezclado. Ciertos componentes incluyen orgánicos e inorgánicos que son compuestos totalmente resistentes a la descomposición biológica y muy biológicamente refractarios y
15 biológicamente inhibidores permanecerán adsorbidos en el material adsorbente o pueden adsorberse y/o absorberse por el material biológico que flota libre en el(los) reactor(es). Finalmente, estos compuestos no digeribles se concentraran en el material adsorbente al punto donde la remoción, o desecho,
20 y el reemplazo del material adsorbente se requerirá para mantener la calidad del efluente en un nivel aceptable. Conforme el material adsorbente permanece en los sistemas de reactor biológico de membrana de medio suspendido, los micro-organismos crecerán y se mantendrán generalmente en el
25 material adsorbente, por un tiempo suficiente para descomponer por lo menos una porción de ciertos compuestos biológicamente refractarios y/o biológicamente inhibidores en el agua residual de flujo entrante particular, que ha sido concentrada sobre el material adsorbente. Aunque no se desee
30 ser limitado por la teoría, se cree que los micro-organismos pueden evolucionar eventualmente en cepas maduras con una

climatización específica necesaria para descomponer al menos una porción de ciertos compuestos útiles de tratar en el agua residual de flujo entrante particular. Sobre el tiempo adicional, por ejemplo, varios días a varias semanas, durante
5 las cuales el material adsorbente que tiene ciertos compuestos biológicamente refractarios, y/o biológicamente inhibidores se mantenga en el sistema, los micro-organismos que tienen un alto grado de especificidad se vuelven segundas, terceras, y generaciones más altas, incrementando
10 en consecuencia su eficacia a biodegradar por lo menos una porción de ciertos de los compuestos biológicamente refractarios y/o biológicamente inhibidores específicos que están presentes en el agua residual de flujo entrante particular conforme el sistema se aclimata.

15 Varias aguas residuales de flujo entrante pueden ser deficientes en ciertos nutrientes benéficos para la biología que ocurre en el reactor biológico 202. Además, ciertas aguas residuales de flujo entrante pueden tener niveles de pH que son excesivamente ácidos o caústicas. Por
20 consiguiente, como será evidente para una persona que tiene experiencia ordinaria en el campo, el fósforo, nitrógeno, y materiales de ajuste de pH, complementarios al carbono sencillo o químicos se pueden agregar para mantener las relaciones de nutrientes óptimas y niveles de pH para la vida
25 biológica y actividad asociada, que incluyen oxidación biológica en el reactor 202.

El efluente del reactor biológico 202 se introduce por la vía de un subsistema de separación 222 a una entrada 210 del sistema de operación de membrana 204. Este licor
30 mezclado transferido, que se ha tratado en el reactor biológico 202, está sustancialmente libre de material

adsorbente. En el sistema de operación de membrana 204, el agua residual pasa a través de una o más membranas de micro filtración o ultrafiltración, eliminando o minimizando en consecuencia la necesidad de clarificación y/o filtración terciaria. El material permeado de membrana, es decir, el líquido que pasa a través de las membranas 240, se descarga del sistema de operación de membrana 204, por la vía de una salida 212. El material retenido de membrana, es decir, los sólidos del efluente del reactor biológico 202, que incluye lodo activado, se regresa al reactor biológico 202 por la vía de una línea de lodo activado de retorno 214.

El material adsorbente agotado del reactor biológico 202, por ejemplo, carbón activado granular que ya no es efectivo en adsorber contaminantes tales como ciertos compuestos que resisten completamente la biodescomposición, compuestos biológicamente refractarios y compuestos biológicamente inhibidores, se pueden remover por la vía de un orificio de descarga de residuos de licor mezclado 216 del reactor biológico 202. Una salida de residuos 218 también se puede conectar a la línea de lodo de desecho activado de retorno 214 para desviar algo de todo el lodo activado de retorno para la eliminación, por ejemplo, para controlar la concentración del licor mezclado y/o cultivo. El lodo se descarga del aparato con el lodo activado residual cuando se incrementa al punto donde la concentración de sólidos en el licor mezclado es tan alta que interrumpe la operación del sistema del reactor biológico de membrana particular. Además, el orificio de descarga residual del licor mezclado 216 se puede usar para remover una porción del material adsorbente, removiendo en consecuencia alguna porción de los compuestos biológicamente refractarios, compuestos biológicamente

inhibidores, y/o compuestos orgánicos e inorgánicos que son totalmente resistentes a la descomposición biológica, antes que de la línea de lodo activado de retorno con el lodo activado residual, que da por resultado una concentración más
5 baja de estos compuestos biológicamente refractarios, compuestos biológicamente inhibidores, y/o compuestos orgánicos e inorgánicos que son totalmente resistentes a la descomposición biológica en la descarga y una biomasa más estable en el reactor biológico de membrana. Se puede
10 entonces agregar una cantidad equivalente de material adsorbente reciente o regenerado para reemplazar el adsorbente así removido.

Se puede proporcionar un sistema de cribas y/o separación preliminar 220 corriente arriba de la entrada 206
15 del reactor biológico 202. Este sistema de cribas y/o separación preliminar puede incluir un sistema de flotación de aire disuelto, una criba gruesa o una combinación de estos y/u otros dispositivos de tratamiento preliminares para separar la materia suspendida del tipo conocido en el campo.
20 Opcionalmente, el sistema de cribas y/o separación preliminar 220 se puede eliminar, u otros tipos de dispositivo de tratamiento preliminares se pueden incluir, dependiendo del agua residual particular que se trata.

A fin de evitar que por lo menos una mayoría del
25 material adsorbente 234 entre al sistema de operación de membrana 204 y cause abrasión y/o ensuciamiento indeseable de las membranas 240, se proporciona el subsistema de separación 222. Como se muestra, en la FIGURA 2, el subsistema de separación 222 está localizado próximo a la salida del
30 reactor biológico 202. Sin embargo, en ciertas modalidades, el subsistema de separación 222 se puede posicionar en un

recipiente separado corriente abajo del reactor biológico 202. En cualquier caso, el subsistema de separación 222 incluye el aparato y/o estructuras adecuados para evitar el contacto entre por lo menos una mayoría del material adsorbente 234 y las membranas 240 en el sistema de operación de membrana 204. El subsistema de separación 222 puede contener uno o más de un aparato de cribas, una zona de asentamiento y/u otro aparato de separación adecuado.

Tipos adecuados de cribas o aparatos de cribas para el uso en ciertas modalidades del sistema de reactor biológico de membrana de medio suspendido incluyen cribas alambre de cuña, placas con aberturas de metal o plástico, o telas tejidas, en configuraciones cilíndricas o planas y arregladas en varios ángulos que incluyen verticalmente orientadas, horizontalmente orientadas, o en cualquier ángulo entre las mismas. En modalidades adicionales, se puede emplear un aparato de cribas activo tal como una criba de tambor giratorio, una criba de vibración u otro aparato de cribas móvil. En general, para los sistemas en los cuales el subsistema de separación 222 es un aparato de cribas, el tamaño de malla es más pequeño que el límite de fondo del tamaño de gránulo o partícula efectivo del material adsorbente que está siendo usado.

Otros tipos de subsistemas de separación también se pueden usar en el subsistema de separación, como alternativas a, en combinación con, un aparato de cribas. Por ejemplo, como se describe además posteriormente, se puede proporcionar una zona de asentamiento, en la cual el material adsorbente se asienta por gravedad.

En modalidades alternativas, en conjunción con las modalidades previamente descritas, los subsistemas de

separación pueden incluir un sistema de centrífuga (por ejemplo, hidrociclón, centrífuga, o los similares), una cámara de arenilla aireada, un sistema de flotación (tal como flotación de gas inducido o gas disuelto), u otro aparato conocido.

Opcionalmente, o en combinación con el subsistema de separación 222 próximo a la salida del reactor biológico 202, se puede proporcionar un subsistema de separación entre el reactor biológico 202 y el sistema de operación de membrana 204 (no mostrado). Este subsistema de separación alternativo o adicional puede ser el mismo como o diferente como el subsistema de separación 222, en tipo y/o dimensión. Por ejemplo, en ciertas modalidades, una zona de asentamiento, un clarificador, un separador de hidrociclón, una centrífuga, o una combinación de estos se pueden proporcionar como una operación unitaria distinta entre el reactor biológico 202 y el sistema de operación de membrana 204.

Observar que el subsistema de separación 222 es altamente efectivo para evitar el paso del material adsorbente y su dimensión original al sistema de operación de membrana. En ciertas modalidades preferidas, el subsistema de separación 222 evita que sustancialmente todo el material adsorbente 234 pase al sistema de operación de membrana 204. Sin embargo, durante la operación del sistema 200, varios casos de desgaste del material adsorbente, que incluye colisiones de intergránulos, separación, circulación, o colisiones de gránulos dentro del equipo estacionario o móvil, pueden causar que se creen partículas que son muy pequeñas para ser retenidas efectivamente con el subsistema de separación 222. A fin de minimizar el daño a las membranas

y la pérdida del material adsorbente el desperdiciar, ciertas modalidades incluyen un subsistema de separación 222 que es capaz de evitar el paso de sustancialmente de todo el material adsorbente 234 dentro de aproximadamente 70 a 5 aproximadamente 80 por ciento de su dimensión original. El porcentaje de reducción aceptable en la dimensión original se puede determinar por una persona que tiene experiencia ordinaria en el campo, por ejemplo, con base en una evaluación económica. Si la reducción en la dimensión da por 10 resultado un incremento en las partículas que pasan a través del sistema de cribas, las membranas experimentaran una abrasión incrementada. De esta manera, se puede usar un análisis de beneficio de costos para determinar lo que es un porcentaje de reducción aceptable del material adsorbente con 15 base en el costo de la abrasión y el reemplazo eventual de las membranas como es comparado a los costos asociados con el material adsorbente que minimiza la descomposición, y los costos de manejo y operacionales asociados con un subsistema de separación capaz de evitar el paso de partículas mucho más 20 pequeñas que los gránulos o partículas del material adsorbente originales. Además, en ciertas modalidades, algún grado de colisiones de inter-gránulos, o colisiones de gránulos dentro del equipo estacionario o móvil, es deseable para quitar la biomasa de exceso de las superficies 25 exteriores del material adsorbente.

El efluente de licor mezclado cribado o separado del reactor biológico 202 se puede bombear o hacer fluir por gravedad (dependiendo del diseño del sistema particular) en el sistema de operación de membrana 204. En un sistema que 30 usa un subsistema de separación externo (no mostrado), el aparato se configura preferiblemente de tal manera que el

material adsorbente separado del licor mezclado que pasa a través de un subsistema de cribas finas o separador externo cae por gravedad de regreso en el reactor biológico 202.

El material adsorbente tal como carbón activado granular, por ejemplo, humedecido adecuadamente para formar una suspensión de material adsorbente, se puede agregar al agua residual en varios puntos en el sistema 200, por ejemplo, de una fuente 229 de material adsorbente. Como se muestra en la FIGURA 2, el material adsorbente se puede introducir en una o más ubicaciones 230a, 230b, 230c y/o 230d. Por ejemplo, el material adsorbente se puede agregar a la corriente de alimentación corriente abajo del sistema de cribas preliminar 220 (por ejemplo, ubicación 230a). Opcionalmente, o en combinación, el material adsorbente se puede agregar directamente al reactor biológico 202 (es decir, ubicación 230b). En ciertas modalidades, el material adsorbente se puede introducir por la vía de la línea de lodo activado de retorno 214 (por ejemplo, ubicación 230c). En modalidades adicionales, puede ser deseable agregar el material adsorbente corriente arriba en sistema de cribas preliminar 220 (por ejemplo, ubicación 230d), donde el sistema de cribas preliminar 220 está diseñado específicamente para esta aplicación al incluir la criba que permite que el material adsorbente pase a través y dentro del reactor biológico 202. El licor mezclado pasa a través del subsistema de separación 222 y el material adsorbente se evita sustancialmente que pase en el sistema de operación de membrana 204 con los sólidos suspendidos en el licor mezclado.

Ya que el material adsorbente permanece en el sistema y se expone a los constituyentes de aguas residuales

que incluyen compuestos biológicamente refractarios, biológicamente inhibidores y/o compuestos orgánicos e inorgánicos que son totalmente resistentes a la descomposición biológica, algo o todo del material adsorbente
5 será inefectivo para tratar los constituyentes, es decir, la capacidad de adsorción disminuye. Esto dará por resultado una concentración más alta de estos constituyentes que entran al sistema de operación de membrana 204, donde pasan a través de las membranas, y se descargan con el efluente de membrana
10 212. Además, el material adsorbente puede llegar hacer inefectivo debido al recubrimiento con bacterias, polisacáridos y/o sustancias poliméricas extracelulares. Esta capa de recubrimiento puede alcanzar niveles donde bloquea los sitios de poro y evita en consecuencia el acceso para los
15 compuestos biológicamente refractarios, biológicamente inhibidores y/u orgánicos e inorgánicos que son totalmente resistentes a la descomposición biológica, y evita consecuentemente la adsorción e inhibe la biodegradación. En ciertas modalidades de sistemas de reactor biológico de
20 membrana de medio suspendido, este recubrimiento se puede remover mediante una acción de esfuerzo cortante producida por uno o más mecanismos en el sistema, tal como colisiones entre los gránulos de material adsorbente suspendidos en el licor mezclado o fuerzas cortantes asociadas con la
25 suspensión y/o movimiento del material adsorbente.

Cuando el material adsorbente ha perdido todo o una porción de su eficacia para reducir la concentración de efluente de los compuestos biológicamente refractarios, biológicamente inhibidores y/u orgánicos e inorgánicos que
30 son totalmente resistentes a la descomposición biológica, se puede desperdiciar una porción del material adsorbente (por

la vía del orificio de desperdicio 216, por ejemplo, al descargar una porción del licor mezclado que contiene material adsorbente dispersado en el mismo.

Se puede introducir el material adsorbente reciente
5 o regenerado adicional en el sistema, como se describe anteriormente, por medio del aparato de introducción de material adsorbente 229 y/o en una o más ubicaciones de adición adecuadas. Las concentraciones de compuesto COD de aguas residuales de entrada y de aguas residuales de efluente
10 y/o concentraciones de compuestos inorgánicos, se puede supervisar para determinar cuando el material adsorbente y su masa acompañante en el sistema han experimentado efectividad reducida. Una gráfica entre la diferencia entre el COD de entrada y efluente dividido por la concentración de COD de
15 entrada mostrará la pérdida gradual de la eficacia del material adsorbente en el licor mezclado. El mismo tipo de gráfica se puede usar para supervisar la capacidad de remoción inorgánica o la remoción de una especie orgánica específica en el sistema. La cantidad de COD removido de la
20 corriente de alimentación puede proporcionar una indicación de la cantidad relativa de compuestos orgánicos biológicamente refractarios y/o biológicamente inhibidores que están siendo removidos de la alimentación de aguas residuales. Conforme los operadores del sistema desarrollan
25 experiencia con el tratamiento de un agua residual particular, serán capaces de determinar cuando esta relación indica un punto en el cual existe una necesidad de remover una porción del material adsorbente en el reactor biológico y reemplazarlo con material adsorbente reciente. La eficiencia
30 requerida del sistema se recuperará de esta manera para los compuestos que son biológicamente refractarios,

biológicamente inhibidores, y/o para resistir completamente la bio-descomposición, por ejemplo, para producir un efluente que está en complicidad con los requerimientos reguladores. El muestreo y el análisis del efluente para las concentraciones de compuestos orgánicos e inorgánicos específicos también se pueden usar para determinar cuando la eficacia del material adsorbente y su biomasa acompañante en el licor mezclado se han reducido y se debe iniciar el reemplazo parcial.

10 El operador de un sistema de reactor biológico de membrana de medio suspendido 200 puede comenzar a reemplazar algo del material adsorbente cuando las concentraciones de efluente de los compuestos orgánicos e inorgánicos específicos comiencen a acercarse a las concentraciones de descargas permitidas de la instalación para estos compuestos. Las concentraciones de descargas permitidas se limitan típicamente por el permiso de la instalación, por ejemplo, como se determina por el programa de permiso y El Sistema de Eliminación de Descarga de Contaminantes Nacional (NPDES) que es regulado por La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, u otro cuerpo regulador similar en un estado o nación particular. Ya que los operadores obtienen experiencia al operar este sistema con su agua residual particular, serán capaces de anticipar cuando comenzará el reemplazo del material adsorbente. Cuando el operador determina que la eficacia del material adsorbente y su biomasa acompañante está aproximándose a una incapacidad de lograr la concentración de efluente requerida de los contaminantes, el desperdicio normal de la biomasa de exceso que se realiza al desperdiciar el lodo activado del retorno de la línea 218 puede cesar y la biomasa de exceso y el

material adsorbente acompañante se desperdicia del reactor biológico 202 por la vía del orificio de desperdicio 216. La cantidad del material desperdiciado se determina por lo que es requerido para mantener los sólidos suspendidos en licor 5 mezclado dentro del intervalo de operación óptimo para el sistema del reactor biológico de membrana particular. Después del reemplazo de una porción del material adsorbente, el efluente se supervisa por el operador para determinar si la eficiencia de remoción del contaminante requerido ha sido 10 restaurada. El reemplazo adicional se puede hacer como sea necesario con base en la experiencia de operación.

En algunas modalidades, el sistema y/o el aparato individual del sistema pueden incluir un controlador para supervisar y ajustar el sistema como sea deseado. Un 15 controlador puede dirigir cualquiera de los parámetros dentro del sistema dependiendo de las condiciones de operación deseadas, las cuales, por ejemplo, ser basadas en las regulaciones gubernamentales con respecto a las corrientes de efluente. El controlador puede ajustar o regular las 20 válvulas, alimentadores o bombas asociados con cada flujo potencial con base en una o más señales generadas por los sensores o cronómetros posicionados dentro del sistema o aparato individual. El controlador también puede ajustar o regular las válvulas, alimentadores o bombas asociados con 25 cada flujo potencial con base en una o más señales generadas por sensores o cronómetros, que indican una tendencia específica, por ejemplo una tendencia hacia arriba o hacia abajo en una característica o propiedad del sistema durante un período de tiempo predeterminado. Por ejemplo, un sensor 30 en una corriente de efluente puede generar una señal que indica que la concentración de contaminantes tales como

compuestos biológicamente refractarios, compuestos biológicamente inhibidores, y/o compuestos completamente resistentes a la bio-descomposición ha alcanzado un valor o tendencia predeterminada, o indica que el nivel COD, ha

5 logrado un valor o tendencia predeterminada accionando en consecuencia el controlador para realizar algún acto corriente arriba de, corriente debajo de, o en el sensor. Este acto puede incluir cualquiera de uno o más para remover el material adsorbente del reactor biológico, agregar nuevo

10 material adsorbente o regenerado al reactor biológico, agregar un tipo diferente de material adsorbente, ajustar el flujo de las aguas residuales en la entrada de alimentación o la entrada a otro aparato dentro del sistema, pre-direccional el flujo de la entrada de alimentación o la entrada a otro

15 aparato dentro del sistema a un tanque de almacenamiento, ajustar el flujo de aire dentro del reactor biológico, ajustar el tiempo de resistencia dentro del reactor biológico u otro aparato, y ajustar la temperatura y/o pH dentro del reactor biológico u otro aparato se pueden usar uno o más

20 sensores en o con uno o más aparatos o corrientes del sistema que proporciona una indicación o característica del estado o condición de cualquiera o más procesos que se realizan en el sistema.

El sistema y controlador de una o más modalidades

25 del sistema de reactor biológico de membrana de medio suspendido proporcionan una unidad versátil que tiene múltiples modos de operación, que puede responder a múltiples entradas para incrementar la eficiencia del sistema de tratamientos de aguas residuales. El controlador se puede

30 incrementar usando uno o más sistemas de computadora que pueden ser, por ejemplo, una computadora de propósito

general. Alternativamente, el sistema de computadora puede incluir hardware especialmente programado, de propósito especial, por ejemplo, un circuito aplicado de aplicación específica (ASIC) o controladores propuestos para los
5 sistemas de tratamiento de aguas.

El sistema de computadora puede incluir uno o más procesadores conectados típicamente a uno o más dispositivos de memoria, los cuales pueden comprender, por ejemplo, cualquiera o más de una memoria de unidad de disco duro, un
10 dispositivo de memoria flash, un dispositivo de memoria RAM, u otro dispositivo para almacenar datos. La memoria se usa típicamente para almacenar programas y datos durante la operación del sistema. Por ejemplo, la memoria se puede usar para almacenar datos históricos que se relacionan con los
15 parámetros durante un período de tiempo, así como también datos de operación. Software, que incluye código de programación que implementa modalidades de la invención, se puede almacenar en un medio de grabación no volátil legible y/o grabable por computadora, y luego copiado típicamente en
20 la memoria en donde luego se puede ejecutar por uno o más procesadores. Este código de programación se puede escribir en cualquiera de una pluralidad de lenguajes de programación o combinaciones de los mismos.

Los componentes del sistema de computadoras se
25 pueden acoplar por uno o más mecanismos de interconexión, que pueden incluir una o más barras colectoras, por ejemplo, entre los componentes que se integran dentro de un mismo dispositivo, y/o una red, por ejemplo entre componentes que residen en los dispositivos discretos separados. El
30 mecanismos de interconexión habilita típicamente las comunicaciones, por ejemplo, datos, instrucciones, hacer

intercambiados entre los componentes del sistema.

El sistema de computadora también puede incluir uno o más dispositivos de entrada, por ejemplo, un teclado, ratón, puntero de bola, micrófono, pantalla táctil, y otros
5 dispositivos de interfaz de hombre-máquina así como también uno o más dispositivos de salida, por ejemplo, un dispositivo de impresión, pantalla de visualización o bocina. Además, el sistema de computadora puede contener una o más interfaces que pueden conectar el sistema de computadora a una red de
10 comunicación, además o como una alternativa a la red que se puede formar mediante uno o más de los componentes del sistema.

De acuerdo con una o más modalidades del sistema de reactor biológico de membrana de medio suspendido, en uno o
15 más dispositivos de entrada pueden incluir sensores para medir cualquiera de uno más de los parámetros del sistema y/o componentes del mismo. Alternativamente, uno o más de los sensores, bombas, u otros componentes del sistema, que incluyen válvulas dosificadoras o alimentadores volumétricos,
20 se pueden conectar a una red de comunicación que se acopla operativamente al sistema de computadora. Cualquiera de uno o más de lo anterior se pueden acoplar a otro sistema de computadora o componente para comunicarse con el sistema de computadora sobre una o más redes de comunicación. Esta
25 configuración permite que cualquier sensor o dispositivo generador de señal se localice a una distancia significativa del sistema de computadora y/o permita que cualquier sensor se localice en una distancia significativa de cualquier subsistema y/o el controlador, mientras que aún proporciona
30 datos entre los mismos. Estos mecanismos de comunicación se pueden afectar al usar cualquier técnica adecuada que incluye

pero no se limita a aquellos que usan protocolos inalámbricos.

Aunque el sistema de computadora se describe a manera de ejemplo como un tipo de sistema de computadora en el cual varios aspectos del sistema de reactor biológico de membrana media suspendido y la presente invención se pueden practicar, se debe apreciar que la invención no se limita para ser implementada en el software, o en el sistema de computadora como se muestra ejemplarmente. De hecho, antes de que se implemente en, por ejemplo, un sistema de computadora de propósito general, el controlador, o componente o sus secciones de los mismos, se puede implementar alternativamente con como un sistema especializado o como un controlador lógico programable especializado (PLC) o un sistema de control distribuido. Además, se debe apreciar que uno o más características o aspectos del sistema de reactor biológico de membrana media suspendido y la presente invención se pueden implementar en el software, hardware o firmware, o cualquier combinación de los mismos. Por ejemplo, uno o más segmentos de un algoritmo ejecutable por un controlador se pueden realizar en computadoras separadas, las cuales a su vez, pueden estar en comunicación a través de una o más redes.

En algunas modalidades, uno o más sensores se pueden incluir en ubicaciones por todo el sistema 200, las cuales están en comunicación con un operador manual o un sistema de control automatizado para implementar una modificación de proceso adecuada que en un sistema de reactor biológico de membrana controlado lógico programable. En una modalidad, el sistema 200 incluye un controlador 205 que puede ser cualquier sistema de computadora programado o

dedicado apropiado, PLC, o sistema de control distribuido. La concentración de ciertos compuestos orgánicos y/o inorgánicos se puede medir en el efluente del sistema de operación de membrana 212 o el efluente de la salida 208 del reactor biológico 202, como se indica por las conexiones de línea 5 puenteada entre el controlador 205 y tanto la línea efluente 212 y la línea efluente intermedia entre la salida 208 y la entrada 210. En otra modalidad, la concentración de los compuestos orgánicos volátiles u otra propiedad o 10 característica del sistema se mide en una o más de las entradas 201, 206 o 210. Los sensores conocidos por aquellas personas de experiencia ordinaria en el campo del aparato de control de proceso pueden incluir aquellos basados en la fluorescencia inducida por láser o cualquier otro sensor 15 adecuado para la supervisión en tiempo real in situ de la concentración de los compuestos orgánicos e inorgánicos en el efluente u otra propiedad o característica del sistema. Los sensores que se usan incluyen los sensores sumergibles para el uso en la medición de aceite en agua que usa fluorescencia 20 UV para detección, tal como sensores enviroFlu-HC disponibles de TriOS Optical Sensor (Oldenburg, Alemania). Los sensores pueden comprender lentes que se recubren o de otra manera se tratan para evitar o limitar la cantidad de ensuciamiento o película que ocurre sobre los lentes. Cuando uno o más 25 sensores en el sistema generan una señal que la concentración de uno o más compuestos orgánicos y/o inorgánicos se excede una concentración predeterminada, el sistema de control puede implementar una acción de respuesta tal como una acción de retroalimentación adecuada o acción de alimentación hacia 30 delante, incluyendo pero no limitado a remover el material adsorbente por medio del puerto de descarga de residuo 216

(como se indica por las conexiones de línea puenteada entre el controlador 205 y el puerto de descarga de residuo 216); agregar material adsorbente nuevo o regenerado por medio del aparato de introducción de material adsorbente 229 o en una
5 de las otras locaciones (como se indica por las conexiones de línea puenteada entre el controlador 205 y el aparato de introducción de material adsorbente 229); agregar un tipo diferente de material adsorbente; o modificar el tiempo de retención hidráulica; o modificar las características
10 biológicas tal como alimentación de carbón simple para microorganismos o agregar fósforo, nitrógeno y/o químicos de ajuste de pH; y/u otras modificaciones como se describe anteriormente o que serán evidentes para aquellas personas de experiencia ordinaria en el campo.

15 Notar que aunque el controlador 205 y el aparato de introducción de material adsorbente 229 se muestran sólo con respecto a la FIG. 2, se pretende que estas características y las diversas capacidades de retroalimentación y alimentación por adelantado pueden incorporarse en cualquiera de los
20 sistemas descritos en el documento actual. Además, el controlador 205 puede conectarse electrónicamente a otros componentes tales como una bomba de alimentación de agua residual y el sistema de suspensión 232.

Después de que el licor mezclado se aérea y se
25 trata por el material adsorbente en el reactor biológico 202, el licor mezclado procesado pasa a través del subsistema de separación 222, y se transfiere al sistema de operación de membrana 204 sustancialmente libre de material adsorbente. El subsistema de separación 222 se evita que el material
30 adsorbente pase en el sistema de operación de membrana 204. Al mantener el material adsorbente en el reactor biológico

202, o de otra manera corriente arriba del sistema de
operación de membrana 204, el sistema de reactor biológico de
membrana de medio suspendido minimiza o elimina la
probabilidad de ensuciamiento y/o abrasión de las membranas
5 del tanque del sistema de operación de membrana por el
material adsorbente.

El sistema de operación de membrana 204 contiene
membranas de filtración 240 para filtrar la biomasa y
cualquier otro de los sólidos en el licor mezclado en el
10 tanque de sistema de operación de membrana 204 del efluente
del bioreactor 212. Estas membranas 240, que pueden estar en
la forma de membranas de fibras huecas u otras
configuraciones adecuadas, como se sabe por aquellas personas
de experiencia ordinaria en el campo, son típicamente muy
15 costosas y es altamente deseable protegerlas del daño al fin
de maximizar su vida útil. En el sistema de reactor biológico
de membrana de medio suspendido 200, la vida de las membranas
en el tanque del sistema de operación se prolonga, puesto que
el subsistema de separación 222 reduce sustancialmente o
20 elimina la entrada del material adsorbente tal como carbón
activado granular, y/o cualquiera de otros gránulos y
partículas solidas, en el sistema de operación de membrana
204.

La salida 212 transporta el efluente filtrado del
25 tanque del sistema de operación de membrana 204. La línea de
lodo activado de retorno 214 se transporta una corriente de
lodo activado de retorno desde el tanque de operación del
sistema de membrana 204 hasta el reactor biológico 202 para
el uso adicional en el procesamiento de la corriente de
30 alimentación de aguas residuales. El lodo de exceso se
desperdicia del sistema usando la línea de desperdicio 218

como en un sistema de reactor biológico de membrana convencional.

El sistema suspensión 232, usa uno o más de suspensión a chorro, mezclado mecánico, aeración de burbujas gruesas, sistemas de suspensión de elevación de gas tal como tubos de corriente de aire y canales de corriente de aire, y otros tipos de sistemas de suspensión mecánica o de aire para mantener el material adsorbente 234 en suspensión mientras que minimiza el desgaste del material adsorbente 234.

En ciertas modalidades, después de un período de tiempo inicial en el cual el material adsorbente 234 está dentro del reactor biológico 202 y puede ocurrir algún rompimiento de gránulos, por ejemplo, algunas de las superficies rugosas y/o sobresalientes del material adsorbente 234 se rompen y se vuelven polvos, materiales finos, agujas u otros materiales en partículas más pequeños, el material adsorbente 234 mantenido en suspensión por el sistema de suspensión a chorro 232 se estabiliza, y ante lo cual ocurre poco o nada de rompimiento o degradación adicional en el tamaño.

La concentración del material adsorbente en el licor mezclado se determina generalmente con base en los parámetros del sistema específicos y las aguas residuales para tratar la combinación particular de los compuestos orgánicos o inorgánicos biológicamente refractarios y/o biológicamente inhibidores para cumplir los requerimientos de descarga de una instalación. La prueba a indicado que la operación de un reactor biológico de membrana con una concentración de sólidos suspendidos en el licor mezclado industrial típico (en un intervalo normal para la configuración del reactor biológico de membrana particular

empleado) y una concentración de material adsorbente, tal como carbón activado granular, de aproximadamente 20% (de la concentración de sólidos suspendidos en el licor mezclado total) fue adecuada para remover los compuestos orgánicos biológicamente refractarios y/o biológicamente inhibidores presentes en la alimentación de aguas residuales sin crear problemas de ensuciamiento sobre el sistema de cribas usado. Se pueden agregar concentraciones más altas del material adsorbente para proporcionar un margen adicional de seguridad contra las alteraciones del proceso que podrían causar concentraciones de efluentes más altas que las normales de compuestos biológicamente refractarios, compuestos biológicamente inhibidores, y/o compuestos orgánicos e inorgánicos totalmente resistentes a la descomposición biológica. Observar que este material adsorbente adicional dará por resultado requerimientos de cribado y/o asentamiento incrementado. La concentración más baja de material adsorbente que se puede usar y aún logra la calidad de efluente requerida se puede determinar empíricamente, con base en un margen deseado de seguridad contra las alteraciones de proceso que se basan en la experiencia o de otra manera consideran apropiados para el sistema y proceso particular.

Los sistemas de reactor biológico de membrana de medio suspendido que usa material adsorbente corriente arriba de un tanque de operación de membrana para adsorber materiales orgánicos e inorgánicos (biológicamente refractarios, biológicamente inhibidores o de otra manera) así como también para proporcionar un reactor biológico de membrana con medios suspendidos son aplicables para una variedad de diferentes configuraciones. Además, también se

pueden usar varios dispositivos de separación para mantener el material adsorbente en el reactor biológico. Se apreciará por una persona de experiencia ordinaria en el campo que diferentes sistemas tendrán diferentes beneficios económicos con base en las características individuales de las aguas residuales y la región donde la instalación se va a instalar.

Los factores que se controlan para producir condiciones de tratamiento optimas que incluyen el tipo de material adsorbente, que incluye su tamaño, forma, dureza, gravedad especifica, velocidad de asentamiento, flujo de aire requerido u otras necesidades de suspensión para la suspensión de gránulos en el licor mezclado, es decir, para mantener el carbón activado granular como un medio suspendido, el espaciamiento de criba de barra o el tamaño de orificio y la configuración del agujero, la concentración del material adsorbente en el licor mezclado, la concentración de los sólidos suspendidos volátiles en el licor mezclado, la concentración total de sólidos suspendidos en el licor mezclado, la relación de la velocidad de flujo del lodo activado de retorno dividido por la velocidad de flujo de licor mezclado que entra al tanque del sistema de operación de membrana, el tiempo de retención hidráulica y el tiempo de retención del lodo. Esta optimización proporciona adsorción de alguna porción de los compuestos biológicamente refractarios, facilidad para degradar los compuestos de demanda de oxígeno biológicos (BOD_5), compuestos biológicamente inhibidores, compuestos orgánicos o inorgánicos totalmente resistentes a la descomposición biológica, y sustancias poliméricas extracelular por el material adsorbente tal como carbón activado granular suspendido en el licor mezclado.

Otro beneficio del sistema de reactor biológico de membrana media suspendido es que los sitios se proporcionan a los cuales los microorganismos en los sólidos suspendidos en el licor mezclado pueden adherirse. Este aspecto del proceso produce una corriente de sólidos suspendidos volátiles en el licor mezclado que es más estable y resistente en su respuesta a las condiciones de alteración y permite la biodegradación mejorada de los compuestos orgánicos presentes en las aguas residuales como es comparado a un reactor biológico de membrana mejorado con carbón activado no granular operado con tiempo de retención hidráulicas similares y tiempos de retención de lodo. Una fuente de microorganismos dentro de los espacios de poro, o sobre la superficie, del material adsorbente sirve como una fuente de bacterias de semillas en el evento de una alteración del proceso de corriente arriba que resulta en la pérdida de alguno de los microorganismos viables que flotan libre en el licor mezclado. En el evento de un choque químico térmico o tóxico para el sistema, el cual toma en los sistemas convencionales, germinaría ciertas bacterias, algunos de los microorganismos dentro de los espacios de poro o sobre la superficie pueden sobrevivir, de esta manera solo una fracción del tiempo de recuperación es necesario como es comparado para los sistemas convencionales en el material adsorbente. Por ejemplo, en el sistema donde las bacterias son mesofílicas, el material adsorbente puede permitir que algunas bacterias dentro de los sitios del poro sobrevivan en el evento del choque térmico debido a la temperatura incrementada. Del mismo modo, en los sistemas en donde las bacterias son termofílicas, el material adsorbente permite que algunas bacterias dentro de los sitios del poro

sobrevivan en el evento del choque térmico debido a la temperatura disminuida. En ambas de estas circunstancias, el tiempo requerido para que los cultivos se vuelvan a aclimatar se puede reducir grandemente. Además, en el evento de un
5 choque del sistema que termina todo o una porción de la población de microorganismos, la presencia del material adsorbente permite la operación continuada, en la cual contaminantes inestables, refractarios e inhibidores se pueden adsorber mientras que se ajusta a la población de
10 microorganismos.

Los diversos beneficios han mostrado que resultan en una aclimatación más rápida del licor mezclado a la alimentación de aguas residuales, reducen el ensuciamiento de las membranas, una tolerancia mejorada a las variaciones en
15 las concentraciones de alimentación y la velocidad de flujo, producen un lodo que puede eliminar el agua más rápidamente con una naturaleza menos aceitosa que es más fácil de manejar, y un efluente que tiene una concentración más baja de impurezas orgánicas e inorgánicas que se pueden obtener de
20 un aparato de reactor biológico de membrana convencional.

El uso de un material adsorbente tal como carbón activado granular en lugar del carbón activado pulverizado permite la eliminación del ensuciamiento y/o abrasión de la membrana que se han identificado como un problema en las
25 pruebas de los reactores biológicos de membrana con carbón activado pulverizado.

Aunque el uso de carbón activado granular en lugar del carbón activado pulverizado no usa carbón como eficientemente sobre una base en peso, el sistema de reactor
30 biológico de membrana media suspendido y un subsistema de separación evita sustancialmente que el carbón activado

granular entre al sistema de operación de membrana minimizando o eliminando en consecuencia la probabilidad de abrasión y ensuciamiento de las membranas. El impacto de la eficiencia de adsorción reducida como resultado de usar
5 carbón activado granular en lugar de carbón activado pulverizado sin embargo, no impacta significativamente la eficacia del aparato del reactor biológico de membrana mejorado con carbón activado total.

La prueba ha indicado que el mecanismo principal de
10 remoción de ciertos compuestos orgánicos biológicamente inhibidores y/o biológicamente refractarios se relaciona con un incremento en el tiempo de residencia que los compuestos biológicamente refractarios y biológicamente inhibidores se exponen a los microorganismos en el aparato mejorado con
15 carbón activado pulverizado. Los microorganismos en los sólidos suspendidos volátiles en el licor mezclado adsorbidos sobre el material adsorbente tal como carbón activado granular tienen un periodo más prolongado de tiempo para digerir ciertos compuestos biológicamente refractarios y
20 biológicamente inhibidores. El tiempo de residencia incrementado para la biodegradación ha sido mostrado que es un factor principal en reducir la concentración de ciertos compuestos biológicamente refractarios y biológicamente inhibidores en el efluente del reactor biológico de membrana,
25 y la eficiencia de adsorción más alta del carbón activado pulverizado no es requerida para lograr los resultados deseados.

El carbón activado granular en un reactor biológico de membrana asistido con carbón desempeña también o mejor que
30 un reactor biológico de membrana mejorado con carbón activado pulverizado al aumentar la remoción de compuestos

biológicamente refractarios, compuestos biológicamente
inhibidores, compuestos que son totalmente resistentes a la
descomposición biológica, y compuestos poliméricos
extracelulares al permitir la regeneración sustancial del
5 carbón activado granular. También, debido a que su tamaño más
grande, se puede filtrar efectivamente o de otra manera
separar del licor mezclado que entra al(los) tanque(s) del
sistema de operación de membrana. La abrasión que ocurre al
usar el carbón activado pulverizado se puede eliminar o
10 reducir significativamente al emplear carbón activado
granular en el sistema de reactor biológico de membrana media
suspendido.

Aunque el uso de las partículas de carbón activado
pulverizado en un reactor biológico de membrana ha demostrado
15 algunas de las mismas ventajas descritas anteriormente para
el sistema de carbón activado granular, la abrasión de la
membrana observada de las partículas del carbón activado
pulverizado en el(los) tanque(s) del sistema de operación de
membrana es inaceptable puesto que la vida útil de la
20 membrana se puede reducir a un nivel inaceptable, por
ejemplo, significativamente menor que una expectativa de vida
de la membrana típica. Puesto que el costo de la membrana
representa una porción significativa del costo total del
sistema del reactor biológico de membrana, una extensión de
25 su vida útil es un factor importante en el costo de operación
del sistema de operación de membrana.

Las FIGs. 3-6 describen ciertas modalidades de los
sistemas de tratamiento de aguas residuales de la presente
invención. Como se nota arriba, los sistemas de tratamiento
30 de aguas residuales de la presente invención pueden emplear
un sistema de reactor biológico de membrana de medio

suspendido descrito con referencia a las FIGs. 1 y 2 y también se describe en solicitud PCT número PCT/US10/38644 y Publicación Número WO/09085252. Aunque se describen en conjunto ciertas modalidades preferidas con el tratamiento de
5 agua residual de baja concentración, por ejemplo, derivada de un efluente sometido a tratamiento de agua residual corriente arriba, se apreciará por alguien de experiencia ordinaria en la técnica, teniendo el beneficio de la presente descripción, que el sistema de tratamiento de agua residual de la presente
10 invención puede emplearse ventajosamente para tratar agua residual que tiene algún nivel de compuestos biológicamente inestables así como compuestos completamente resistentes a la bio-descomposición, compuestos biológicamente inhibidores, y/o compuestos biológicamente refractarios, o una combinación
15 de estos.

Con referencia a la FIG. 3, un sistema de tratamiento 354 se muestra esquemáticamente para tratar el efluente 351 de una o más etapas de tratamiento de aguas residuales corriente arriba, colectivamente identificadas
20 como sistema de tratamiento de aguas residuales 350. El sistema de tratamiento de aguas residuales 350 trata típicamente un influente 301 y descarga el exceso de lodo de desecho activado 352 y un líquido que trata el efluente 351 que es referido en la presente como "agua residual de baja
25 concentración" o "efluente sometido a tratamiento de agua residual corriente arriba", como se conoce convencionalmente. Aunque la descripción que sigue se refiere al efluente 351 como se deriva de una o más etapas de tratamiento de aguas residuales corriente arriba, por ejemplo, primaria y/o
30 secundaria, se entenderá por alguien de experiencia ordinaria en la técnica que los sistemas y métodos de la presente

invención también son efectivos para tratar agua residual de baja concentración de otras fuentes, tal como directamente de un proceso que tiene niveles bajos de sólidos suspendidos y relativamente niveles bajos de orgánicos disueltos. Además, 5 el sistema de tratamiento de agua residual de la presente invención puede emplearse ventajosamente para tratar agua residual que tiene algún nivel de compuestos biológicamente inestables así como compuestos completamente resistentes a la bio-descomposición, compuestos biológicamente inhibidores, 10 y/o compuestos biológicamente refractarios, o una combinación de estos. En estas modalidades, la corriente 351 puede ser un influente directo, o someterse a un procesamiento corriente arriba mínimo, tal como un sistema de separación primario en el cual se han removido sustancialmente todos los sólidos.

15 Como se discute arriba, el tratamiento terciario de efluente de una zona de tratamiento secundaria comúnmente incluye pasar el efluente secundario completo a través de una o más columnas de carbono activadas granulares u otro sistema terciario para tratamiento adicional, por ejemplo, pulir con 20 objeto de alcanzar los estándares de calidad de agua requeridos. En contraste, el sistema de tratamiento 354 de la presente invención, el cual puede usarse como un sistema de tratamiento terciario, emplea una combinación de un sistema de material adsorbente de flujo alto 359 para 25 adsorber una cantidad sustancial de contaminantes, y un sistema adicional 399 para tratar biológicamente contaminantes adsorbidos, es decir, contaminantes adsorbidos en el material adsorbente, por regeneración y/o reactivación biológica.

30 En términos generales, el sistema de tratamiento 354 de la presente invención comprende un sistema de

tratamiento de material adsorbente de flujo alto 359 y un sistema de reactor de regeneración biológico de material adsorbente de flujo bajo 399. El sistema de tratamiento de material adsorbente de flujo alto 359 incluye una zona de
5 mezclado 360 para recibir material adsorbente fresco y/o reciclado por ejemplo, de una fuente 393 de material adsorbente. La zona de mezclado 360 está en comunicación fluida con una fuente de agua residual de baja concentración 351 tal como el efluente sometido a tratamiento de agua
10 residual corriente arriba u otra agua residual de baja concentración. La zona de mezclado 360 íntimamente mezcla el material adsorbente y agua residual, y pasa la mezcla de agua residual de baja concentración y material adsorbente 361 a un depósito de material adsorbente y zona de separación del
15 líquido 370. Una proporción principal del volumen/flujo del líquido general se decanta o de otra manera descarga del depósito de material adsorbente y zona de separación del líquido 370 como el efluente 371, el cual puede opcionalmente someterse a tratamiento terciario adicional 390. El material
20 adsorbente se remueve del depósito de material adsorbente y zona de separación del líquido 370 como una descarga del efluente de material adsorbente 372 el cual se pasa al sistema de reactor de regeneración biológico de material adsorbente de flujo bajo 399, que incluye un reactor de
25 regeneración biológico 302, un sistema operativo de la membrana 304, una zona de corte de material adsorbente 386 y una zona de separación de material adsorbente/biomasa 387. En sistemas aeróbicos, el reactor de regeneración biológico 302 incluye además una fuente de oxígeno, y los micro-
30 organismos biológicamente oxidan los orgánicos y ciertos inorgánicos adsorbidos en el material adsorbente en el

reactor de regeneración biológico 302, y licor mezclado incluyendo sólidos suspendidos volátiles de licor mezclado se pasa a través de un aparato de separación de sólidos adsorbente 322 y se descarga como salida de efluente de licor mezclado de reactor de regeneración biológico 308 a un aparato de separación de sólidos para remover biomasa y cualquiera de otros sólidos en el licor mezclado. Por ejemplo, en ciertas modalidades de la presente invención, el aparato de separación de sólidos incluye sistema de separación de membrana 304, en el cual el efluente de reactor de regeneración biológico 308 se pasa a una entrada 310 del sistema de operación de membrana 304 para remover biomasa y cualquiera de otros sólidos en el licor mezclado. El efluente tratado con la membrana 312 se descarga como permeado, y lodo de desecho activado 314, como retenido, se regresa al reactor de regeneración biológico 302. Una porción del lodo de desecho activado puede descargarse del sistema por medio de una línea de desechos 318. El material adsorbente del reactor de regeneración biológico 302 se pasa a la zona de corte de material adsorbente 386, en el cual la biomasa en exceso se corta de los gránulos o partículas de material adsorbente. La biomasa se separa del material adsorbente en la zona de separación del material adsorbente/biomasa 387. El material adsorbente separado que se ha regenerado por medio del reactor de regeneración biológico 302 y posteriormente cortar y separar en zonas 386 y 387 se recicla por medio de la línea de reciclado 389 a la zona de mezclado 360, y la biomasa se regresa por medio del 388 al reactor de regeneración biológico 302. El material adsorbente gastado puede removerse del reactor de regeneración biológico 302, por medio de la línea 316, o de

la zona de separación de material adsorbente/biomasa 387 por medio de la línea 392.

En ciertas modalidades, las funciones del material adsorbente zona de corte 386 y una zona de separación de material adsorbente/biomasa 387 pueden integrarse en una operación de unidad sencilla. Los ejemplos de aparatos que pueden realizar el corte y la separación de biomasa incluyen filtros de contralavado continuos y/o filtro de cáscara de nuez. En modalidades adicionales, alguna o toda la funcionalidad de la zona de corte del material adsorbente 386 y una zona de separación de biomasa/material adsorbente 387 puede lograrse en el reactor de regeneración biológico 302, por ejemplo si el reactor de regeneración biológico 302 es equipado apropiadamente con turbulencia suficiente para promover el corte necesario. En estas modalidades, la biomasa puede mantenerse en el reactor de regeneración biológico 302, y el material adsorbente regenerado, cortado y separado puede pasarse directamente a la zona de mezclado 360.

Además, el material adsorbente puede introducirse en varias ubicaciones en el sistema. Por ejemplo, una fuente 393 puede usarse para introducir material adsorbente fresco o regenerado por medio de la línea 389, por ejemplo, mezclado con material adsorbente reciclado que se regresa a la zona de mezclado 360. Otras ubicaciones apropiadas pueden usarse para introducir material adsorbente, por ejemplo, como se discute con referencia a la FIG. 2, directamente en la zona de mezclado 360, o directamente en zona de separación del líquido 370.

En ciertas modalidades, la corriente de efluente del material adsorbente 372 carece de nutrientes suficientes

para soportar la biología dentro del reactor de regeneración biológico 302. En consecuencia, una porción del agua residual sin tratar del influente 301 puede introducirse en el reactor de regeneración biológico 302, por ejemplo por medio de la corriente de circunvalación 303. Esta corriente 303 puede ser intermitente, o continua, dependiendo del tipo de agua residual, sus constituyentes, y sí o no la composición del agua residual cambia con el tiempo. Agregar esta agua residual sin tratar o alguna otra fuente de carbono sencilla puede aumentar el desarrollo de bacterias que se requiere para la degradación óptima de orgánicos refractarios que se remueven de la corriente de agua residual de baja concentración 351 por el material adsorbente. El agua residual sin tratar proporciona inicialmente bacterias que se aclimatan al agua residual sin tratar los constituyentes, y estas bacterias luego proporcionan un punto de partida para bacterias que puede degradar biológicamente los orgánicos refractarios. La bacteria inicial puede evolucionar con el tiempo en especies que pueden digerir los orgánicos refractarios. Al tener una corriente de agua residual sin tratar alimentando los organismos en el reactor de regeneración biológico 302 resultará en una población bacteriana que es capaz de digerir compuestos orgánicos más complejos que la bacteria que podría presentarse en un sistema de tratamiento de aguas residuales sanitario, que es generalmente el punto de partida más común para bacteria en un sistema de tratamiento de aguas residuales. Alternativamente, o en combinación, los cultivos de semillas pueden agregarse al reactor de regeneración biológico 302. Periódicamente, el cultivo de semilla adicional del mismo o un tipo diferente pueden agregarse, por ejemplo, si la

población de bacteria reduce debido a un evento corriente arriba o choque térmico, o si cambian los contaminantes del agua residual.

Las aguas residuales de baja concentración de
5 entrada pueden ser deficientes en ciertos nutrientes
benéficos para que se presente la biológica en el reactor de
regeneración biológico 302. Además, ciertas aguas residuales
entrantes tienen niveles de pH que son excesivamente ácidos o
cáusticos. En consecuencia, como será evidente para una
10 persona que tiene experiencia ordinaria en el campo, que el
fósforo, nitrógeno, y químicos de ajuste de pH se pueden
agregar para mantener las relaciones de nutriente óptimas y
niveles de pH para la vida biológica de actividad asociada,
que incluye oxidación biológica, en el reactor de
15 regeneración biológico 302. Adicionalmente, en ciertas
modalidades, una corriente de compuestos de carbono sencillo
pueden usarse para incrementar la velocidad de biodegradación
de los contaminantes adsorbidos.

En particular, el agua residual de baja
20 concentración se introduce a la zona de mezclado 360, que se
suministra con material adsorbente, tal como carbón activado
granular. El material adsorbente puede incluir material
adsorbente fresco y/o material adsorbente reciclado de dentro
del sistema, es decir, de la zona de separación de material
25 adsorbente/biomasa 387. El agua residual de baja
concentración y el material adsorbente se mezclan íntimamente
en la zona de mezclado 360, y al menos una porción de los
orgánicos e/o inorgánicos disueltos que se presentaron en el
efluente 351 se adsorben en el material adsorbente, es decir,
30 en la superficie exterior, en las superficies de pared de
poro, o ambos.

Una corriente mezclada 361 de la zona de mezclado 360, que incluye el material adsorbente que ha adsorbido al menos una porción de los orgánicos y/o inorgánicos del efluente 351, se pasa entonces al depósito de material adsorbente y zona de separación del líquido 370, por ejemplo, en la forma de una mezcla espesa. Si los orgánicos e/o inorgánicos se mantienen en la porción líquida de la mezcla 361, la adsorción puede continuar en el depósito de material adsorbente y zona de separación del líquido 370, dependiendo de la velocidad de flujo, velocidad de sedimentación, capacidad de adsorción del material de adsorción, y otros factores. Preferiblemente, una cantidad sustancial de contaminantes se remueven de manera que la porción de líquido restante, decantado o de otra manera removido como una corriente efluente de material adsorbente de alto flujo 371, al menos cubre los niveles mandados por los cuerpos reguladores relevantes, y puede reciclarse o descargarse en una manera ambientalmente amigable. Si es necesario, la corriente 371 puede pasarse a una zona de tratamiento terciaria 390 para refinado final, y el efluente refinado 391 se descarga. Ventajosamente, los orgánicos y/o inorgánicos removidos de la corriente 371 (es decir, como se compara con el efluente 351 del sistema de tratamiento de aguas residuales 350) se adsorben en el material adsorbente, y la corriente 371 representa una porción principal del volumen líquido de la corriente de agua residual de baja concentración inicial presentada al sistema 354, por ejemplo, corriente 351. En ciertas modalidades, el flujo de corriente 371 es al menos 90% del flujo de corriente 351; en otras modalidades, el flujo de corriente 371 es al menos 95% del flujo de corriente 351; en modalidades adicionales, el flujo

de corriente 371 es al menos 99% del flujo de corriente 351; en modalidades adicionales, el flujo de corriente 371 es al menos 99.9% del flujo de corriente 351; y todavía en modalidades adicionales, el flujo de corriente 371 es al menos 99.99% del flujo de corriente 351. La proporción de corriente 371 con relación a la corriente 351 puede depender de varios factores, incluyendo el nivel de contaminación inicial, el grado de mezclado en la zona de mezclado 360, el volumen, configuración y tiempo de residencia dentro del depósito de material adsorbente y zona de separación del líquido 370, la capacidad de adsorción del material adsorbente, y/u otros factores.

En una modalidad, el depósito de material adsorbente y zona de separación del líquido 370 incluye un recipiente configurado con una porción de fondo cónica inversa o frusto-cónica 385. En consecuencia, el material adsorbente se remueve por sedimentación por gravedad a través de un puerto de descarga en el fondo del recipiente, junto con una porción menor de agua de la corriente influente 351. Además, en modalidades en las cuales los orgánicos e/o inorgánicos no se adsorben suficientemente en la zona de mezclado 360, el depósito de material adsorbente y zona de separación del líquido 370 pueden dimensionarse apropiadamente para proporcionar tiempo de contacto adicional entre el agua residual así tratada el efluente y el material adsorbente. En ciertas modalidades del depósito de material adsorbente y zona de separación del líquido 370, esto puede lograrse con un recipiente que proporciona un tiempo de residencia de agua residual de baja concentración de más de alrededor de 5 minutos, y en ciertas modalidades tiene un tiempo de residencia de más de alrededor de 15 minutos. Por

supuesto, alguien de experiencia ordinaria en la técnica, que tiene el beneficio de las enseñanzas en la presente, se apreciará que el tiempo requerido para separar el adsorbente del efluente dependerá de una variedad de factores, que
5 incluye pero no se limita a la densidad del material adsorbente, la densidad del agua residual, y la geometría del tanque.

El depósito de material adsorbente y zona de separación del líquido 370 puede preferiblemente incluir un
10 subsistema de separación para prevenir que el material adsorbente salga del depósito de material adsorbente y zona de decantación del líquido con el alto flujo del líquido efluente 371. En ciertas modalidades, el subsistema de separación puede comprender una zona inactiva 384, por
15 ejemplo, formada por deflectores 381 y 382. Esto permite una cantidad sustancial del material adsorbente presente en el depósito de material adsorbente y zona de separación del líquido 370 a dirigirse hacia la porción de fondo cónica inversa o frusto-cónica 385. En modalidades adicionales, el
20 subsistema de separación puede comprender un aparato de selección 383 próximo a la salida del depósito de material adsorbente y zona de separación del líquido 370. El aparato de selección 383 puede ser un tamiz estacionario, un tamiz móvil, un tamiz de alambre grueso, un tamiz de tambos
25 rotatorio, u otro tipo de tamiz apropiado. En modalidades adicionales, el subsistema de separación puede comprender tanto la zona inactiva 384 y el aparato de selección 383. Todavía en modalidades adicionales, el subsistema de separación puede incluir una zona inactiva y una barrera
30 localizada en la salida del efluente líquido 371 del depósito de material adsorbente y zona de separación del líquido 370.

Notar que el subsistema de separación usado en el depósito de material adsorbente y zona de decantación del líquido 370 puede ser el mismo o diferente que el subsistema de separación usado en el reactor de regeneración biológico 302.

5 Al incluir uno o más de un sistema de selección, una zona de sedimentación, o una combinación de los mismos. Además, si se requieren los sólidos adicionales removidos del efluente 371, puede incluirse un dispositivo de clarificación, filtro, u otra separación en comunicación fluida corriente abajo del efluente 371 fuera del depósito de material adsorbente y zona
10 de separación del líquido 370.

Por ejemplo, el subsistema de separación dentro del depósito de material adsorbente y zona de separación del líquido 370 puede eliminarse en modalidades en las cuales el
15 material adsorbente tiene una gravedad específica relativamente alta (por ejemplo, mayor que alrededor de 1.10 en agua a 20°C, en ciertas modalidades mayor que alrededor de 1.40 en agua a 20°C, y en modalidades adicionales que tiene una gravedad específica de hasta alrededor de 2.65 en agua a
20 20°C), por ello las altas velocidades de sedimentación, en combinación con dimensiones y configuraciones apropiadas del material adsorbente sedimentado y la zona de decantación del líquido 370, incluyendo la geometría de la porción de fondo 385 y la posición de la salida del efluente 371. En estas
25 modalidades, un clarificador, filtro, u otro dispositivo de separación puede proporcionarse corriente abajo del depósito de material adsorbente y zona de separación del líquido 370. Alternativamente, un clarificador, filtro, u otro dispositivo de separación también puede eliminarse en modalidades en las
30 cuales el efluente 371 se somete a un aparato de refinado final 390. En ciertas modalidades, si el aparato de refinado

final 390 es una columna de adsorción de carbón activado granular de lecho fijo, cualquier exceso de material adsorbente del depósito de material adsorbente y zona de decantación del líquido 370 que puede pasar con el efluente 5 371 no impactará el efluente final ya que se atrapará en el aparato de refinado 390.

El material adsorbente se pasa desde el depósito de material adsorbente y zona de separación del líquido 370 a un reactor de regeneración biológico en el cual los micro- 10 organismos degradan biológicamente orgánicos y ciertos inorgánicos adsorbidos en el material adsorbente.

En ciertas modalidades, el reactor de regeneración biológico 302 es un sistema aeróbico, en el cual los micro-organismos son aeróbicos y el reactor de regeneración 15 biológico 302 es un tanque de aireación, incluyendo una fuente de oxígeno (no mostrado), por ejemplo, uno o más difusores, aparato de suspensión a chorro, o sistemas de suspensión de impulso a gas, como se describe en solicitud PCT número PCT/US10/38644, y la degradación biológica incluye 20 oxidación biológica. La biología dentro el reactor de regeneración biológico se discute en mayor detalle en solicitud PCT número PCT/US10/38644, y en Publicación PCT Número WO/09085252.

En modalidades adicionales, el reactor de 25 regeneración biológico 302 es un sistema anaeróbico, en el cual los micro-organismos son anaeróbicos.

El licor mezclado, incluyendo sólidos suspendidos volátiles en líquido mezclado, se descarga, a través de un subsistema de separación 322 en o corriente abajo del reactor 30 biológico 302, y se pasa desde una salida 308 del reactor biológico 302 al sistema que opera la membrana 304 a través

de una entrada 310. El sistema que opera la membrana 304 contiene una o más membranas 340. El efluente tratado con la membrana 312 se descarga como permeado, y el lodo de desecho activado 314 como retenido se regresa al reactor de regeneración biológico 302. Opcionalmente, el lodo de desecho activado puede descargarse desde la línea de lodo de desecho activado de retorno 314 por medio de una línea de desechos 318. Además, una línea de desecho de material adsorbente opcional 316 (como se indica por una línea de guiones) puede remover el material adsorbente gastado que ha perdido su eficacia, o usarse para remover periódicamente material adsorbente, como se describe en conjunto con la FIG. 2 y en la Publicación PCT Número WO/09085252 y en la solicitud PCT número PCT/US10/38644. Preferiblemente, el material adsorbente gastado removido se vuelve a colocar con cantidades equivalentes de material adsorbente fresco o regenerado. En modalidades opcionales adicionales, todo o una porción del efluente tratado en la membrana 312 puede pasarse por medio de la línea opcional 313 (como se indica por una línea de guiones) a una zona de tratamiento terciaria 390 para refinado final.

El material adsorbente, tal como carbón activado granular, y cualquier líquido entrante en la corriente 372 que pasa en el reactor de regeneración biológico 302 se trata de manera similar como los sistemas de reactor biológico de membrana descritos en la solicitud PCT número PCT/US10/38644 y en la Publicación PCT Número WO/09085252. Sin embargo, el flujo de corriente 372 es relativamente bajo. Por ejemplo, el flujo de corriente 372 puede ser de menos de alrededor de 10%, 5%, 1%, 0.1% o aún menos de alrededor de 0.001% del flujo de corriente 351. En ciertas modalidades, el flujo es

el flujo mínimo que puede pasarse a través del sistema que opera la membrana 304 sin impactar la actividad de los microorganismos en el reactor de regeneración biológico 302. Alternativamente, este sistema puede operarse como un reactor

5 de lote en secuencia, en el cual el efluente se descarga cuando el agua residual se ha tratado adecuadamente. Además, en ciertas modalidades, el reactor de regeneración biológico 302 puede ser un tanque de aireación que incorpora una combinación de suspensión de chorro o suspensión de impulso a

10 gas, una zona inactiva y un tamiz de alambre grueso como se describe en la solicitud PCT número PCT/US10/38644. El sistema que opera la membrana 304 en el sistema de tratamiento de aguas residuales de concentración baja 354 de la presente invención opera en una manera similar como los

15 reactores biológicos de membrana descritos en la solicitud PCT número PCT/US10/38644 y en la Publicación PCT Número WO/09085252, sin embargo, que operan a una velocidad de flujo muy baja. Ya que se construye biomasa en este sistema, puede desecharse en una manera similar a los sistemas de reactor

20 biológico de membrana convencionales, por ejemplo, a través de una línea de lodo de desecho activado de retorno 318. Una línea de desecho de material adsorbente 316 también se proporciona. Por ejemplo, el material adsorbente puede perder su capacidad de adsorción en condiciones donde el

25 efluente sometido a tratamiento de agua residual corriente arriba contiene inorgánicos o compuestos biológicamente inhibidores que no se oxidan aún con el tiempo de residencia sustancialmente incrementado usando el sistema de tratamiento de aguas residuales de concentración baja de la presente

30 invención. El material adsorbente puede reemplazarse en el sistema, por ejemplo, usando una o más de las ubicaciones de

entrada de material adsorbente descritas en la Publicación PCT Número WO/09085252, o en otra ubicación apropiada, o fuente 393.

En una base intermitente o continua, una corriente lateral que incluye material adsorbente, y opcionalmente licor mezclado para proporcionar un portador líquido para el material adsorbente que facilita la transferencia (por ejemplo, en la forma de una mezcla espesa), se remueve del reactor de regeneración biológico 302 y se pasa a la zona de corte 386. En la zona de corte 386, la biomasa en exceso se corta de las superficies exteriores del material adsorbente, de tal manera que la capacidad de adsorción del material adsorbente en la zona de mezclado 360 y/o el depósito de material adsorbente y zona de separación del líquido 370 se maximiza. La zona de corte 386 puede incluir uno o más de una bomba, una boquilla de chorro, una cámara de arenilla aireada, un mezclador mecánico, dispositivos centrífugos tales como hidrociclón o centrífugo, u otros aparatos que facilitan la colisión para efectuar el corte y en ciertas modalidades promueven la separación de biomasa del material adsorbente. La turbulencia, colisiones inter-gránulo, y colisiones con otros objetos sólidos (estacionarios o en movimiento) de la zona de corte y en ciertas modalidades, la tubería entre la zona de corte y el reactor de regeneración biológico 302, puede resultar en el corte de la biomasa en exceso de la superficie exterior del material adsorbente y volverse sólidos suspendidos de licor mezclado de flotación libre incluyendo sólidos suspendidos volátiles de licor mezclado.

Además, la acción de la circulación del fluido, incluyendo superficies de contacto de líquido y/o gas de alta

velocidad del material adsorbente que tienen biomasa en exceso contribuyen al corte deseado.

En ciertas modalidades, la zona de corte del material adsorbente 386 puede comprender un sistema de regeneración continua, por ejemplo, que tiene la configuración de un filtro de cáscara de nuez u otra operación de unidad similar, por ejemplo, sin el medio de cáscara de nuez, por ejemplo, del tipo que está comercialmente disponible de Siemens Water Technologies. Por ejemplo, ya que el material adsorbente se pasa a través de un sistema de regeneración continua tal como un filtro de contracorriente continua o un filtro de cáscara de nuez, las colisiones inter-gránulo y colisiones con otros objetos sólidos y/o superficies en un sistema de regeneración continua causa el corte de la biomasa en exceso de los gránulos de material adsorbente.

La mezcla espesa que incluye material adsorbente cortado, biomasa libre cortada del material adsorbente, y cualquier licor mezclado se pasa a una zona de separación de material adsorbente/biomasa 387 para separar la biomasa de sólidos suspendidos de licor mezclado separada cortada del material adsorbente del material adsorbente más denso. La zona de separación de material adsorbente/biomasa 387 puede incluir uno o más de un separador de hidrociclón, un centrífugo, una corriente lateral del sistema de regeneración continua, u otro dispositivo apropiado para separar material adsorbente de la biomasa.

Notar que en ciertas modalidades en las cuales el reactor de regeneración biológico 302 incluye boquillas de chorro u otro aparato que efectúa el corte con el reactor de regeneración biológico 302 como se describe en solicitud PCT

número PCT/US10/38644, la zona de corte 386 puede eliminarse o desviarse, por ello una corriente lateral del reactor de regeneración biológico 302 se pasa directamente a la zona de adsorción/separación de biomasa 387.

5 El material adsorbente separado de la zona de separación de material adsorbente/biomasa 387 se pasa a la zona de mezclado 360 por medio de la línea 389. El material adsorbente se regresa a la zona de mezclado 360 que contiene una concentración reducida de micro-organismos, y de esta
10 manera los orgánicos en el agua residual de baja concentración pueden adsorberse y exponerse a la biología deseada en la zona de mezclado 360 y en el depósito de material adsorbente y zona de separación del líquido 370, antes de pasar al reactor de regeneración biológico 302.

15 La biomasa cortada, que puede incluir líquido mezclado que tiene sólidos suspendidos de licor mezclado y sólidos suspendidos volátiles de licor mezclado, de la zona de separación de material adsorbente/biomasa 387, se pasa al reactor de regeneración biológico 302 por medio de la línea
20 388.

En modalidades alternativas, el licor mezclado de la zona de separación de material adsorbente/biomasa 387 puede transferirse corriente abajo desde el subsistema de separación 322 del reactor de regeneración biológico 302, por
25 ejemplo, combinado con el efluente 308, o pasado directamente en el sistema que opera la membrana. De forma notable, los requerimientos de separación del subsistema de separación 322 pueden reducirse o evitarse en esta modalidad alternativa, ya que el licor mezclado puede transferirse sin la necesidad de
30 separación adicional. En ciertas modalidades, una fuente de licor mezclado para el sistema que opera la membrana 304 (o

tanque de clarificación/sedimentación 395 descrito en
conexión con la FIG. 3) puede ser el efluente líquido de la
zona de separación de material adsorbente/biomasa 387.

En ciertas modalidades preferidas, con objeto de
5 facilitar la sedimentación del material adsorbente en el
depósito de material adsorbente y zona de separación del
líquido 370, se emplea carbón activado granular que tiene
niveles de gravedad específica relativamente altos. Por
ejemplo, puede usarse carbón activado granular que tiene una
10 gravedad específica mayor a 1.10. En modalidades
adicionales, puede usarse carbón activado granular que tiene
una gravedad específica mayor a 1.40. Ya que la velocidad de
flujo de la mezcla que contiene carbón activado granular es
relativamente baja, y el reactor de regeneración biológico
15 302 y sistema que opera la membrana 304 son relativamente
pequeños, los requerimientos de energía más altos para
mantener el material adsorbente más denso en suspensión por
un periodo de tiempo suficiente para causar el nivel deseado
de biología dentro del reactor de regeneración biológico 302
20 no son un factor importante en los requerimientos de energía
generales para operar el sistema.

Ciertos influentes de agua residual de baja
concentración pueden incluir compuestos inorgánicos que no
son capaces de degradarse por los microorganismos. Los
25 niveles de estos inorgánicos deberán típicamente reducirse
hasta dentro de los requerimientos regulatorios mandados. El
material adsorbente puede modificarse con un proceso de
tratamiento y/o especies por ello proporcionando una afinidad
a ciertas especies químicas y/o metales en el agua residual,
30 por ejemplo, al impregnar compuestos apropiados, como se
describe además en la solicitud PCT número PCT/US10/38644.

Ya que los micro-organismos en el sistema de tratamiento de aguas residuales de concentración baja de la presente invención no remueven estos compuestos inorgánicos tan efectivamente como puede remover los compuestos orgánicos, los sistemas que usan material adsorbente para adsorber contaminantes inorgánicos generalmente requieren el reemplazo más frecuente de material adsorbente en comparación con sistemas que tratan sólo compuestos orgánicos. El material adsorbente gastado se remueve del sistema conforme se acerca el límite de adsorción para cada compuesto a removerse del agua residual de baja concentración. Por ejemplo, el muestreo y análisis o vigilancia en línea puede realizarse periódicamente o continuamente para determinar la concentración orgánica o inorgánica del sistema de tratamiento de aguas residuales de concentración baja de la presente invención, conforme la capacidad de adsorción de carbón activado granular para varios compuestos se relaciona inversamente a las concentraciones de desecho en el efluente 371.

En una modalidad adicional en la cual el sistema de tratamiento terciario 390 se emplea e incluye un sistema de filtración de material adsorbente convencional, el material adsorbente contaminado del sistema 390 puede regenerarse y/o reactivarse usando el sistema de reactor de regeneración biológico de material adsorbente 399, como se indica por la línea 394 entre el sistema de tratamiento terciario 390 y el reactor de regeneración biológico 302. Ciertos sistemas de filtro adsorbentes de carbón activado granular existentes usan adsorción en etapas, en la cual el carbón activado granular fresco se agrega en el filtro final corriente abajo, y el carbón activado granular parcialmente cargado se usa en

los filtros corriente arriba. En modalidades de la presente invención en las cuales el material adsorbente contaminado del sistema 390 se regenera y/o reactiva usando el sistema de reactor de regeneración biológico de material adsorbente 399, 5 el carbón activado granular parcialmente cargado se transfiere al reactor de regeneración biológico 302 para regeneración y uso de nuevo como todo o una porción del material adsorbente en la zona de mezclado 360. Aunque la línea 394 se muestra como material adsorbente parcialmente 10 transferido directamente al reactor de regeneración biológico 302, alguien de experiencia ordinaria en la técnica, que tiene el beneficio de las enseñanzas en la presente, apreciará que este material adsorbente parcialmente cargado puede introducirse en la zona de corte del material 15 adsorbente 386, la zona de separación de material adsorbente/biomasa 387, la fuente 393 de material adsorbente, la zona de mezclado 360, o la zona de separación del líquido 370.

En algunas modalidades, uno o más sensores pueden 20 incluirse en ubicaciones a lo largo del sistema 350, incluyendo dentro del sistema de tratamiento de material adsorbente de flujo alto 359 y el sistema de reactor de regeneración biológico de material adsorbente de flujo bajo 399. Estos sensores pueden emplearse con un sistema operado 25 y controlado manualmente o un sistema de control automático para implementar una modificación de proceso adecuado en un sistema de tratamiento de aguas residuales controlado lógico programable. En una modalidad, el sistema 350 (o el sistema de tratamiento de material adsorbente de flujo alto 359 y el 30 sistema de reactor de regeneración biológico de material adsorbente de flujo bajo 399) incluye un controlador 305 el

cual puede ser cualquier sistema de computadora dedicado o programado adecuado, PLC, o sistema de control distribuido. La concentración de ciertos compuestos orgánicos e/o inorgánicos puede vigilarse y medirse por un sensor o
5 sensores en comunicación fluida con el efluente 312 o el efluente de la salida 308 del reactor de regeneración biológico 302, como se indica por conexiones de línea de punto a punto entre el controlador 305 y tanto la línea efluente 312 como la línea efluente del intermediario entre
10 la salida 308 y la entrada 310. En otra modalidad, la concentración de compuestos orgánicos volátiles u otra propiedad o característica del sistema se mide en una o más de las entradas 301, 351, ó 310. En modalidades adicionales, la concentración de ciertos compuestos orgánicos e/o
15 inorgánicos puede vigilarse y medirse por un sensor o sensores en comunicación fluida con el efluente 371 del material adsorbente sedimentado y la zona de separación de líquido 370, como se indica por conexiones de línea de puntos entre el controlador 305 y la línea de efluente 371. Los
20 sensores conocidos para aquellos de experiencia ordinaria en la técnica del aparato de control de proceso pueden incluir aquellos con base en fluorescencia inducida por láser o cualquier otro sensor adecuado para monitoreo en tiempo real in situ de la concentración de compuestos orgánicos o
25 inorgánicos en el efluente u otra propiedad o característica del sistema. Los sensores que se usan incluyen sensores sumergibles para uso en la medición de agua en aceite la cual usa fluorescencia UV para detección, tales como sensores enviroFlu-HC disponibles de TriOS Optical Sensors (Oldenburg,
30 Alemania). Los sensores comprenden lentes que se recubren o de otra manera tratan para prevenir o limitar la cantidad de

contaminante o película que se presenta en los lentes. Cuando uno o más sensores en el sistema generan una señal que la concentración de uno o más compuestos orgánicos e/o inorgánicos excede una concentración predeterminada, el sistema de control puede implementar una acción responsiva tal como una acción de retroalimentación adecuada o acción de regulación, incluyendo pero no limitado para remover material adsorbente por medio del puerto de descarga de los desechos 316 (como se indica por conexión de línea de punto entre el controlador 305 y la válvula asociada con el puerto de descarga de desechos 316); removiendo el lodo de desecho activado de vuelta por medio de una línea de desechos 318 (como se indica por las conexiones de la línea punteada entre el controlador 305 y la válvula asociada con el puerto de descarga de desechos 318); agregando material adsorbente nuevo o regenerado por medio de la fuente del material adsorbente 393 o en una de las otras ubicaciones (como se indica por las conexiones de línea punteada entre el controlador 305 y la válvula asociada con la fuente de material adsorbente 393); agregando un tipo diferente de material adsorbente; modificando el tiempo de retención hidráulico; modificando las características biológicas tales como alimentación de carbono sencillo para micro-organismos o agregando fósforo, nitrógeno y/o químicos que ajustan el pH; y/u otras modificaciones como se describen arriba o que serán aparentes para aquellos de experiencia ordinaria en la técnica.

En modalidades adicionales, la condición de la mezcla espesa que contiene material adsorbente puede caracterizarse por uno o más sensores (indicados en la FIG. 3 con un círculo sombreado), tales como sensores ópticos y/o

sensores de fluorescencia UV. Por ejemplo, uno o más sensores pueden asociarse con la corriente efluente de material adsorbente 372, como se indica por las conexiones de línea guión-punto entre el controlador 305 y la corriente
5 372, para medir la concentración de uno o más compuestos en la corriente y/o para determinar la calidad del material adsorbente en la mezcla espesa. Además, uno o más sensores pueden asociarse con la corriente efluente de material adsorbente del reactor de regeneración biológico, como se
10 indica por las conexiones de la línea guión-punto entre el controlador 305 y la línea entre el reactor de regeneración biológico y la zona de corte de material adsorbente 386, y/o uno o más sensores pueden asociarse con la línea de reciclado de material adsorbente 389, como se indica por las conexiones
15 de la línea guión-punto entre el controlador 305 y la línea de reciclado 389. En el caso que se determine, con base en la información de uno o más de estos sensores y/u otros sensores o fuente de información, tal material adsorbente tiene una capacidad adsorptiva reducida, acción de
20 retroalimentación o regulación apropiada puede accionarse.

Con referencia ahora a la FIGURA 4, un sistema de tratamiento de aguas residuales de concentración baja 454 similar al sistema 354 mostrado en la FIG. 3 se ilustra esquemáticamente. En el sistema 454, un depósito de material
25 adsorbente y zona de separación de líquido 470 se proporciona, el cual puede ser una o más centrífugas, hidrociclones, clarificadores, filtros de varios tipos, u otros dispositivos de separación adecuados. El depósito de material adsorbente y zona de separación de líquido 470
30 separa el líquido de la corriente mezclada 461, que contiene agua residual de baja concentración y material adsorbente de

la zona de mezclado 460.

En ciertas modalidades del sistema 454, las velocidades de flujo dentro del sistema de material adsorbente de flujo alto 459 se controlan para proporcionar tiempo de residencia suficiente para permitir el nivel de requisito de los contaminantes de la corriente 451 para adsorber sobre el material adsorbente tal como carbón activado granular, y descargar una corriente 471 que cumple los niveles de calidad de mandato para la descarga del efluente, o en niveles de contaminación suficientemente bajos para tratarse convenientemente en un sistema de tratamiento terciario complementario 490. Otros aspectos del sistema de tratamiento de aguas residuales de concentración baja 454 son sustancialmente los mismos como aquellos descritos con respecto al sistema 354, y los números de referencia similares se usan en la FIG. 4 para representar los componentes similares o equivalentes.

Con referencia ahora a la FIG. 5, un sistema de tratamiento de aguas residuales de concentración baja 554 se ilustra esquemáticamente similar al sistema 454 mostrado en la FIG. 4, en donde un sistema de reactor de regeneración biológico de material adsorbente de flujo bajo 599 incluye un sistema de reactor biológico diferente a un sistema de operación de membrana. En particular, el sistema de regeneración de reactor de regeneración biológico de material adsorbente de flujo bajo 599 incluye un reactor de regeneración biológico 502, una zona de corte de material adsorbente 586, zona de separación de biomasa/material adsorbente 587, y un aparato clarificador/de sedimentación 595 como un aparato de separación de sólidos. El aparato clarificador/de sedimentación 595 puede ser ya sea un aparato

clarificador, un aparato de sedimentación, o un aparato que realiza tanto clarificación como sedimentación. El sistema opera en una manera similar al sistema 354, pero sin el sistema operativo de la membrana 304. Más bien, para remover la biomasa y cualquiera de otros sólidos en el licor mezclado, un aparato clarificador/de sedimentación 595 se usa. En particular, el aparato clarificador/de sedimentación 595 permite que el lodo de desecho activado se sedimente, y este se regrese al reactor biológico 502 por medio de un regreso de la línea de lodo de desecho activado 514. El líquido clarificado se pasa como el efluente 512. El tanque clarificador/de sedimentación 595 puede sustituirse en cualquiera de los sistemas descritos con referencia a las FIGs. 3, 4 y/o 6. Otros aspectos del sistema de tratamiento de aguas residuales de concentración baja 554 son sustancialmente los mismos como aquellos descritos en conexión con un sistema 354, y los números de referencia similares se usan en la FIG. 5 para representar componentes similares o equivalentes.

Con referencia ahora a la FIG. 6, un sistema de tratamiento de aguas residuales de concentración baja 654 se ilustra esquemáticamente que es similar al sistema 354 mostrado en la FIG. 3, en la cual un sistema de material adsorbente de flujo alto 659 es una operación de unidad de mezclado/sedimentación integrada. Por ejemplo, en ciertas modalidades, el sistema de material adsorbente de flujo alto 659 puede incluir un filtro de retrolavado continuo o un sistema de filtración de regeneración continuo similar a un filtro de cáscara de nuez regenerado continuo (sin el medio de cáscara de nuez), por ejemplo, del tipo que está comercialmente disponible de Siemens Water Technologies. El

material adsorbente se remueve como el efluente 672, y el efluente 671 es agua residual que ha tenido contaminantes adsorbidos del mismo. En ciertas modalidades, el sistema regenerado continuo también puede realizar funciones de extracción, en combinación con, o como una alternativa para, una zona de corte de material adsorbente 686, y zona de separación de biomasa/material adsorbente 687. Se nota que en tales modalidades, una zona de separación de material adsorbente/biomasa se proporciona corriente abajo del sistema de material adsorbente de flujo alto de retrolavado continuo 659. En una modalidad adicional, el sistema de material adsorbente de flujo alto 659 incluye un aparato de filtración de material adsorbente tal como un filtro de carbono terciario convencional, en el cual agua tratada se descarga como la corriente 671, y el material adsorbente cargado parcialmente 672, en lugar de tratarse con aire caliente convencional o regeneración de vapor, por ejemplo, se regenera usando el sistema 699 para contaminantes adsorbidos tratados biológicamente, los cuales operan en una manera similar a aquel descrito con respecto a la FIG. 3, y el material adsorbente regenerado 688 se introduce en el filtro de carbono terciario incluido en el sistema de material adsorbente de flujo alto 659. Otros aspectos del sistema de tratamiento de agua residual de baja concentración 654 son sustancialmente los mismos como aquellos descritos en conexión con el sistema 354, y los números de referencia similares se usan en la FIG. 6 para representar componentes similares o equivalentes.

En modalidades adicionales de la presente invención, la fuente de agua residual tratada por el sistema de tratamiento de material adsorbente de alto flujo integrado

con un reactor de regeneración biológico de material adsorbente de bajo flujo de acuerdo con la presente invención puede ser de un sistema que trata sólidos primarios incluyendo una porción de los compuestos BOD₅ por irradiación. En particular, y con referencia a la FIG. 7, un sistema 700 se muestra para tratar una corriente de agua residual afluyente 701 que contiene sólidos orgánicos suspendidos, sólidos orgánicos disueltos, y opcionalmente, otros contaminantes tales como inorgánicos. La corriente de agua residual afluyente 701 se introduce en un sistema de separación primario 753, tal como una zona de sedimentación que permite que los sólidos biológicos se sedimenten, un clarificador, un centrífugo, filtro, tamiz, prensa de banda, separadores de vórtice, dispositivos de flotación, u otros sistemas de eliminación de sólidos. En el sistema de separación primario 753, los sólidos y una porción de la facilidad para degradar materiales de compuestos que demandan oxígeno biológico (BOD₅) se separan de la corriente de agua residual.

Un sistema de tratamiento primario típico es usualmente capaz de reducir la concentración BOD₅ por alrededor de 40% hasta alrededor de 50%, y reducir la concentraciones de los sólidos suspendidos totales por alrededor de 60% hasta alrededor de 70%. Los sólidos removidos en esta etapa son usualmente los sólidos más grandes suspendidos biodegradables más lentamente y el efluente es típicamente una mezcla de los compuestos más volátiles, más fáciles de tratar actuales presentes en el agua residual sanitaria. Las operaciones de unidad adicional también pueden usarse para proporcionar una eficiencia de eliminación mayor de los contaminantes no disueltos en el

agua residual cruda. Por ejemplo, uno o más dispositivos centrífugos, dispositivos de sedimentación, o dispositivos de flotación (por ejemplo, aire disuelto, flotación de aire inducido) pueden usarse. En modalidades adicionales, las
5 operaciones de unidad adicional pueden incluir la adición de compuestos químicos apropiados para tratar de remover al menos una porción de los sólidos menos densos presentes en el agua residual cruda.

En ciertas modalidades, una fase de agua, que
10 típicamente incluye contaminantes disueltos y una porción minoritaria de sólidos suspendidos, puede descargarse como un efluente de agua residual que contiene algún nivel de compuestos biológicamente inestables o un efluente de agua residual de baja concentración 751, y luego tratarse
15 corriente abajo por un sistema de tratamiento de aguas residuales 754, que opera, por ejemplo, en una manera similar a uno o más de los sistemas 354, 454, 554 ó 654 descritos previamente. Un efluente 712 se descarga que es generalmente adecuado para reciclarse como agua de proceso, irrigación, o
20 descarga amigable del medio ambiente. Los sólidos biológicos no tratados se separaron del sistema de tratamiento primario 753 como una corriente efluente sólida 774, típicamente contienen líquidos arrastrados, y se pasan, por ejemplo, usando una bomba de desechos residuales o bomba de cavidad
25 progresiva (no se muestra) adecuada para el manejo de líquidos cargados sólidos y mezclas espesas para una zona de homogenización 775, en la cual los sólidos se homogenizan por un aparato mecánico adecuado tal como uno o más molinillos y/o trituradores. La zona de homogenización 775 asegura que
30 no compacta los trozos de los sólidos que se introducen en la

zona de irradiación/desinfección de corriente abajo 777, por ello asegura un nivel máximo de desinfección.

Los sólidos homogenizados no tratados 776, generalmente en una forma de mezcla espesa, se bombean a una zona de irradiación/desinfección 777, en la cual los sólidos se desinfectan usando rayos beta, rayos gamma, rayos x o radiación de haz de electrón, por ejemplo, para lograr los requisitos de desinfección bio-sólidos Clase A o B de la Agente de Protección Ambiental de los Estados Unidos, o requisitos de desinfección de de lodo de mandato de otras jurisdicciones. Los sólidos desinfectados 778 pueden de esta manera desecharse de una manera amigable del ambiente.

La FIGURA 8 muestra otra modalidad de un sistema de tratamiento de aguas residuales que incluye irradiación de sólidos primarios que se mezclan con un material inerte para permitir su uso de nuevo como un sustituto del suelo o para otros usos. En particular, un sistema 800 es similar al sistema 700, con la operación adicional de una zona de mezclado 763, en la cual los sólidos desinfectados 778 se mezclan con un material rellenedor inerte 762, tal como arena, arcilla, y/u otro material rellenedor adecuado, para producir un producto 764, el cual puede ser útil como tierra, abono, o fertilizador. El sistema 800 incluyendo proporcionar el producto 764 es deseable particularmente para tratar agua residual que tiene sólidos que no tienen compuestos orgánicos o inorgánicos tóxicos.

Opcionalmente, una zona de deshidratación puede proporcionarse en el sistema 700 ó 800. Sin embargo, en el sistema 800, el exceso de agua puede absorberse por arena u otro material inerte mezclado con los sólidos primarios desinfectados.

En ciertas modalidades, el agua residual afluyente
701 incluye una concentración alta de metales, otros
inorgánicos, u orgánicos tóxicos. En consecuencias, aún
cuando se desinfectan a niveles adecuados, una mezcla de los
5 bio-sólidos desinfectados y material rellenos no es
susceptible como la tierra, abono o producto fertilizador.
Sin embargo, el costo capital sustancial, los beneficios de
energía y tamaño pueden conseguirse, aún en modalidades en
las cuales los materiales desinfectados se desechan en
10 vertederos de residuos, por ejemplo, después de secarse y/o
mezclarse con un material inerte adecuado.

En ciertas modalidades de la presente invención, un
sistema se configura como un sistema portátil, por ejemplo,
montaje sobre plataforma, cuerpo de camión, tráiler, o los
15 similares. La portabilidad permite al sistema de tratamiento
terciario manufacturarse y suministrarse como un sistema de
llave de mano. Un sistema portátil o montaje sobre
plataforma también facilitará la provisión del sistema
terciario en una base como sea necesario, por ejemplo, en
20 situaciones en las cuales otros sistemas de tratamiento
terciarios están en servicio, bajo reparación o se están
construyendo. Además, ciertas instalaciones que son químicas
de procesamiento durante un periodo corto de tiempo y crear
una corriente de agua residual difícil de tratar
25 particularmente puede beneficiarse de un sistema de montaje
sobre plataforma o portátil de acuerdo con la presente
invención. Las conexiones de tubería pueden proporcionarse
que se adaptan para unirse con las conexiones y puertos
estándares en plantas de tratamiento de agua residual
30 existentes para instalación fácil y rápida del sistema de la
invención.

El sistema y método de la presente invención evita los problemas de la técnica previa relacionados para tratar agua residual de baja concentración al pasar agua residual que ya se ha sometido a tratamiento secundario, por ejemplo, el efluente de una corriente secundaria, a través de una zona de mezclado de material adsorbente, en donde el material adsorbente y el efluente secundario se mezclan íntimamente. Se nota que el efluente secundario, en el punto para pasar a la zona de mezclado de material adsorbente, ha tenido sustancialmente todos los sólidos y de esta manera la mayoría de los componentes BOD₅ altos removidos. De esta manera, el efluente secundario no es susceptible a oxidación biológica de un sistema biológico de tratamiento tradicional ya que el agua residual es demasiado bajo en fuerza, contiene compuestos refractorios biológicamente, contiene compuestos inhibidores biológicamente, contiene compuestos inorgánicos, o una combinación de estos, los cuales ninguno pueden oxidarse biológicamente, o requieren un tiempo de residencia mucho más largo que está disponible típicamente a oxidación biológica. Típicamente una corriente terciaria intensiva de más energía tales como filtros de adsorción de carbón activado granular u otro sistema de tratamiento terciario se usa para limpiar esta corriente que ya no es tratable por una oxidación biológica normal.

El sistema de tratamiento de aguas residuales de concentración baja de la presente invención permite que los contaminantes se concentren en el carbono y proporciona el tratamiento de agua residual de resistencia baja o una agua residual con dificultad biológicamente para tratar los compuestos, incluyendo compuestos refractorios biológicamente y/o bio-inhibidores. Además, los compuestos inorgánicos

presentes en el agua residual de baja concentración pueden adsorberse.

El sistema de tratamiento de aguas residuales de concentración baja de la presente invención es una
5 alternativa de costo inferior para los métodos que actualmente se usan ya que utiliza oxidación biológica - típicamente la tecnología de eliminación de costo más bajo disponible para tratar agua residual. Las columnas de adsorción de carbón activado son típicamente muy caras para
10 opera y requerir un proceso intensivo de mucha energía para regenerar el carbono, típicamente con base en la incineración para regenerar el carbón activado granular. La implementación del sistema de tratamiento terciario de la presente invención como un reemplazo o un complemento para
15 una columna de carbono activada puede producir los ahorros de energía considerables. Como un resultado, los créditos de carbono para la reducción de dióxido de carbono asociados con el consumo de energía disminuida pueden ganarse.

Los requisitos de capacidad volumétrica para las
20 varias operaciones dentro del sistema de tratamiento de aguas residuales de concentración baja de la presente invención puede ser significativamente menores que un reactor biológico de membrana convencional usado para tratar el mismo volumen de agua residual y es significativamente menor que un sistema
25 de tratamiento de aguas residuales convencional sin utilizar membranas.

El uso del sistema de tratamiento de aguas residuales de concentración baja de la presente invención permite el tratamiento de un agua residual de baja
30 resistencia relativamente, esencialmente solo los contaminantes disueltos y una cantidad pequeña de sólidos

arrastrados en el agua residual, y todavía resulta en un efluente que tiene concentraciones muy bajas de compuestos difíciles de tratar (compuestos refractarios) u orgánicos sencillos que se presentaron originalmente en el agua residual. Se nota que ciertas modalidades preferidas se describen en conjunto con el tratamiento de agua residual de baja concentración, y se refieren como "sistemas de tratamiento de agua residual de baja concentración". No obstante, como se apreciará por alguien de experiencia ordinaria en la técnica, teniendo el beneficio de la presente descripción, el sistema de tratamiento de agua residual de la presente invención puede emplearse ventajosamente para tratar el agua residual que tiene algún nivel de compuestos biológicamente inestables así como compuestos completamente resistentes a la bio-descomposición, compuestos biológicamente inhibidores, y/o compuestos biológicamente refractarios, o una combinación de estos. Por ejemplo, los compuestos biológicamente inestables disueltos pueden adsorberse en un material adsorbente junto con compuestos completamente resistentes a la bio-descomposición, compuestos biológicamente inhibidores, y/o compuestos biológicamente refractarios, o una combinación de estos, y pasar al sistema de reactor de regeneración biológico de material adsorbente descrito en la presente. Los compuestos biológicamente inestables pueden servir como alimento solos o en combinación con una fuente nutriente secundaria para soportar los micro-organismos.

Los materiales adsorbentes útiles para la presente invención incluyen varios tipos de carbones, tal como carbón activado. En particular, los carbones activados granulares son muy efectivos, puesto que el intervalo de tamaño y

densidades de los gránulos se puede seleccionar para permitir su retención en una porción predeterminada del sistema y evitar sustancialmente en consecuencia que ensucien y/o desgasten las membranas.

5 En los sistemas en los cuales el carbón activado granular no se somete a fuerzas de esfuerzo cortante significativas y/o a la colisión del intergránulo, el carbón activado granular se puede producir de madera, coco, bagazo, aserrín, turba, desperdicio de planta de celulosa, u otros
10 materiales basados en celulosa. Un ejemplo adecuado es MeadWestvaco Nuchar^{MR} WV B que tiene tamaños de malla nominales de 14 x 35 (con base en la Serie de Cribas Estándar de E. U. A.).

 En modalidades adicionales, particularmente
15 aquellas en las cuales la acción de esfuerzo cortante se proporciona por la turbulencia y/o colisiones inter-gránulos en una bomba y/o boquilla de chorro, el uso del(los) material(es) adsorbente(s) que tiene valores de dureza más altos son deseables. Por ejemplo, los carbones activados
20 granulados derivados de bitumen o materiales basados en carbón mineral son efectivos. En una modalidad particular, el carbón activado granular se deriva de lignito.

 También se pueden proporcionar materiales de carbono que se modifican con un proceso de tratamiento y/o
25 especies que proporcione en consecuencia una afinidad para ciertas especies químicas y/o metales en el agua residual. Por ejemplo, en las aguas residuales que tienen un nivel relativamente alto de mercurio, por lo menos una porción del material adsorbente incluye preferiblemente carbón activado
30 granular impregnado con yoduro de potasio o azufre. Otros tratamientos y/o especies impregnadas se pueden proporcionar

para fijar como objetivo metales específicos, otros compuestos inorgánicos y/o compuestos orgánicos.

Además, el material adsorbente puede ser un material diferente al carbón activado. Por ejemplo, los
5 compuestos basados en hierro o resinas sintéticas se pueden usar como los materiales adsorbentes, solos o en combinación con otros materiales adsorbentes, por ejemplo, en combinación con carbón activado granular. Además, los materiales adsorbentes tratados diferentes al carbón activado que fija
10 como objetivo ciertos metales, se pueden usar otros compuestos inorgánicos o compuestos orgánicos. Por ejemplo, en las aguas residuales que tienen niveles relativamente altos de hierro y/o manganeso, por lo menos una porción del material adsorbente puede comprender un medio de filtración
15 de dióxido de manganeso granular. En las aguas residuales que tienen arsénico granular. En las aguas residuales que tienen arsénico, por lo menos una porción del material adsorbente puede comprender compuestos de óxido de hierro granulares. En las aguas residuales que incluyen plomo o metales pesados,
20 por lo menos una porción del material adsorbente puede incluir compuestos de aluminosilicato granulares.

En una modalidad, el material adsorbente se puede seleccionar con base en un intervalo de gravedad específico deseado. A fin de mantener el material adsorbente en
25 suspensión dentro de los intervalos de consumo/costo de energía aceptables, son deseables los intervalos de gravedad especificar relativamente cercanos a aquellos del agua residual. Por otra parte, en modalidades en las cuales la separación se basa en por lo menos en parte en sedimentación
30 rápida del material, son más adecuadas gravedades específicas más altas. En general, la gravedad específica es

preferiblemente mayor que aproximadamente 1.05 en el agua 20°C. En ciertas modalidades, la gravedad específica es mayor que aproximadamente 1.10 en el agua a 20°C. Un límite superior adecuado para la gravedad específica es, en ciertas 5 modalidades, aproximadamente 2.65 en el agua a 20°C.

Por lo tanto, se selecciona el material adsorbente que tiene un intervalo de gravedad específica que proporciona suficiente suspensión y por lo tanto suficiente contacto con el agua residual y sus contaminantes. Además, en ciertas 10 modalidades, el intervalo de gravedad específica proporciona suficiente características de asentamiento para la remoción subsecuente del material adsorbente del agua residual. En modalidades adicionales, la selección de la gravedad específica del material adsorbente se basa en la minimización 15 de la energía requerida para mantener el material adsorbente en suspensión.

Adicionalmente, el material adsorbente deseado, tal como carbón activado granular, tiene un nivel de dureza que minimiza la creación de partículas finas y otros materiales 20 particulados debido a las colisiones intergránulos y otros efectos de proceso.

El tamaño de material adsorbente que el subsistema de separación se diseña para retener y evitar en consecuencia su paso en el sistema de operación de membrana se optimiza 25 para minimizar la cantidad de material adsorbente y las partículas finas que entran al sistema de operación de membrana. Por lo tanto, en modalidades en las cuales el aparato de separación de sólidos es un sistema que opera la membrana, la abrasión y ensuciamiento causado por los 30 gránulos de carbón u otros materiales granulares que impactan sobre las membranas se minimiza, mientras que aún proporciona

las ventajas operacionales asociadas con el uso de los materiales adsorbente que incluye carbón activado.

Los tamaños de gránulos adecuados para el material adsorbente se seleccionan para completar los métodos de
5 cribas/separación seleccionados, y las necesidades del agua residual particular que se trata. En ciertas modalidades preferidas, se selecciona el límite de fondo del tamaño de gránulo efectivo del material adsorbente de tal manera que se puede separar fácilmente del flujo del licor mezclado que
10 entra al tanque(s) del sistema de operación de membrana en el cual las membranas están localizadas. En general, el tamaño de gránulo efectivo del material a adsorbente tiene un límite de fondo de aproximadamente 0.3 milímetros, donde mayor que aproximadamente 99.5% en peso del material adsorbente está
15 arriba del límite de fondo; que tiene preferiblemente un límite inferior de aproximadamente 0.3 milímetros a un límite superior de aproximadamente 2.4 milímetros (que corresponde a un tamaño de malla 50 a un tamaño de malla 8, con base en la Serie de Cribas Estándar de los E. U. A.), donde mayor que
20 99.5% en peso del material adsorbente está dentro del límite superior e inferior; y en ciertas modalidades preferidas a aproximadamente 0.3 milímetros a aproximadamente 1.4 milímetros (que corresponde a un tamaño de malla de 50 a un tamaño de malla 14, con base en la Serie de Mallas Estándar
25 de los Estados Unidos) donde mayor que aproximadamente 99.5% en peso del material adsorbente está dentro del límite inferior y superior. Se ha demostrado que un carbón activado granular con un tamaño de gránulo efectivo mínimo de aproximadamente 0.5 milímetros a aproximadamente 0.6
30 milímetros puede ser fácilmente y eficientemente cribado del licor mezclado con un sistema de separación adecuado, y estos

tamaños efectivos, en el carbón activado granular de densidades adecuadas, también se puede mantener económicamente en suspensión.

El uso de material adsorbente para adsorber los
5 compuestos completamente resistentes a la bio-descomposición, los compuestos biológicamente inhibidores, y/o compuestos biológicamente refractarios o una combinación de estos, permite que el proceso se maneje a una velocidad de flujo mucho mayor del agua residual que los sistemas
10 convencionales, ya que los organismos que descomponen biológicamente los compuestos orgánicos no se limitaría por el tiempo de residencia hidráulico de los sistemas convencionales. Los compuestos biológicamente inhibidores y/o ciertos compuestos biológicamente refractarios se mantienen
15 en el material adsorbente por un periodo de tiempo extendido, y de esta manera los micro-organismos tienen muchos tiempos para romper el tiempo de residencia hidráulica. Esto permite que una unidad significativamente más pequeña para tratar la corriente de agua residual que lo que se requeriría sin la
20 adición de material adsorbente.

El uso del sistema de tratamiento de aguas residuales de concentración baja de la presente invención en vez de un sistema convencional o un sistema convencional con la adición de carbón activado en polvo elimina los problemas
25 asociados con sedimentación de sólidos que ocurriría en un sistema convencional de velocidad de flujo alta que no usa una membrana para la separación de sólidos del efluente.

El sistema de tratamiento de aguas residuales de concentración baja de la presente invención puede modificarse
30 para tratar contaminantes específicos que pueden presentarse en cualquier agua residual particular al usar un material

adsorbente que se ha tratado especialmente para adsorber selectivamente el contaminante particular de interés. Por ejemplo, el carbón activado granular u otro material adsorbente que se ha tratado especialmente para adsorber metales puede usarse para aguas residuales que tienen altas concentraciones de metales. Los metales disueltos pueden adsorberse preferiblemente en el carbón activado granular tratado y luego removerse del efluente. Un reemplazo periódico del material adsorbente permite que los metales se remuevan del sistema y mantener un nivel deseado de capacidad de adsorción.

La invención proporciona una alternativa a bajo costo para instalaciones permanentes de columnas de adsorción de carbón activado de costo alto o cualquiera de un número de otros sistemas de tratamiento terciarios que son caros para operar. Además, la presente invención proporciona un simplificador, huella más pequeña, sistema de tratamiento de aguas residuales de costo de operación inferior que puede ajustarse y operarse en un periodo de tiempo muy corto y si es necesario, puede configurarse como un sistema/aparato portátil. Puede desarrollarse durante periodos de condiciones alterados o durante eventos cuando una planta de tratamiento de agua residual se requiere para tratar desechos que no son capaces normalmente de tratar.

El sistema y método de la presente invención evita el tratamiento de la corriente efluente completa en un sistema de tratamiento terciario caro. Adsorber los contaminantes del agua residual de baja concentración y tratarlos en un sistema de tratamiento de material adsorbente de flujo alto integrados con un reactor biológico de material adsorbente de flujo bajo.

Los sistemas terciarios desarrollados previamente pretenden tratar el efluente de plantas de tratamiento de agua residual existentes que tienen bajas concentraciones de contaminantes con un sistema de adsorción de carbón activado caro o algún otro sistema de tratamiento terciario caro. En todo de estos, la corriente de agua residual completa se trata con el método de tratamiento terciario. El sistema y método de la presente invención remueve los contaminantes de la corriente de agua residual completa por adsorción, y luego trata el material adsorbente en un sistema de regeneración biológica de flujo bajo que es relativamente barato de operar.

El método y sistema de la presente invención se han descrito anteriormente y en dos dibujos anexos; sin embargo, las modificaciones serán evidentes para aquellas personas de experiencia ordinaria en el campo y el alcance de protección para la invención se debe definir por las reivindicaciones que siguen.

REIVINDICACIONES

Habiéndose descrito la invención como antecede, se reclama como propiedad lo contenido en las siguientes reivindicaciones

5

1. Un método para tratar el agua residual caracterizado porque comprende:

mezclar agua residual con el material adsorbente en una zona de mezclado por un tiempo suficiente para la adsorción de contaminantes del agua residual sobre el material adsorbente;

separar y remover una porción principal del agua residual de la mezcla de agua residual y material adsorbente; pasar el material adsorbente que tiene contaminantes adsorbidos en el mismo y una porción menor del agua residual a un reactor de regeneración biológico;

mantener el material adsorbente y el agua residual en suspensión en el reactor de regeneración biológico durante un periodo de tiempo que es suficiente para permitir los microorganismos en el reactor de regeneración biológico para actuar biológicamente en al menos una porción de los contaminantes adsorbidos;

descartar el efluente de agua tratado biológicamente del reactor de regeneración biológico; y reciclar el material adsorbente regenerado a la zona de mezclado.

2. El método de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque el agua residual comprende agua residual de baja concentración que es un efluente sometido a un proceso de tratamiento de agua residual corriente arriba.

3. El método de conformidad con la reivindicación

1, caracterizado porque el agua residual es un agua residual de baja concentración que tiene una concentración de contaminantes que es tan baja que se requiere una alimentación de concentración influente para soportar la actividad biológica en un reactor biológico convencional.

4. El método de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado además porque comprende remover los sólidos del efluente de agua del reactor de regeneración biológico.

5. El método de conformidad con la reivindicación 4, caracterizado porque los sólidos se remueven usando un sistema operativo de membrana.

6. El método de conformidad con la reivindicación 4, caracterizado porque los sólidos se remueven usando un clarificador y/o un sedimentador.

7. El método de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque comprende además cortar cualquier biomasa acumulada del material adsorbente antes de reciclarse a la zona de mezclado.

8. El método de conformidad con la reivindicación 7, caracterizado porque comprende además separar la biomasa del material adsorbente antes de reciclar el material adsorbente a la zona de mezclado.

9. Un sistema para tratamiento de agua residual, caracterizado porque comprende:

una zona de mezclado que incluye:

una entrada de agua residual,

una entrada de material adsorbente y

una salida de descarga;

la zona de separación de líquido y sedimentación de material adsorbente incluye una entrada de mezcla espesa en comunicación con la salida de descarga de la zona de

mezclado,

una salida de agua tratada, y

una salida de material adsorbente contaminado;

un sistema de reactor de regeneración biológico de

5 material adsorbente que incluye

un reactor de regeneración biológico que incluye

una entrada de material adsorbente contaminado en

comunicación con la salida de material adsorbente contaminado

de la zona de separación de líquido y sedimentación de

10 material adsorbente,

una salida de agua biológicamente tratada, y

una salida de material adsorbente regenerado en

comunicación con la entrada de material adsorbente de la zona

de mezclado.

15 10. El sistema de conformidad con la reivindicación 9, caracterizado porque comprende además un aparato de separación de sólidos en comunicación con la salida de agua tratada biológicamente.

20 11. El sistema de conformidad con la reivindicación 10, caracterizado porque el aparato de separación de sólidos es un sistema operativo de la membrana.

12. El sistema de conformidad con la reivindicación 10, caracterizado porque el aparato de separación de sólidos es un sedimentador y/o clarificador.

25 13. El sistema de conformidad con la reivindicación 9, caracterizado porque comprende además un zona de corte incluyendo una entrada en comunicación con la salida de material adsorbente regenerado y una salida en comunicación con la entrada del material adsorbente de la
30 zona de mezclado.

14. El sistema de conformidad con la reivindicación 13, caracterizado porque comprende además una zona de material adsorbente/separación de biomasa incluyendo una entrada en comunicación con la salida de la zona de corte
5 y una salida en comunicación con la entrada del material adsorbente de la zona de mezclado.

15. El sistema de conformidad con la reivindicación 9, caracterizado porque comprende además un aparato para cortar y separar la biomasa del material
10 adsorbente incluyendo una entrada en comunicación con la salida del material adsorbente regenerado y una salida en comunicación con la entrada del material adsorbente de la zona de mezclado.

16. El sistema de conformidad con la reivindicación
15 9, caracterizado porque el reactor de regeneración biológico se construye y configura para cortar y separar la biomasa del material adsorbente.

17. El sistema de conformidad con la reivindicación
20 9, caracterizado porque comprende además un sistema de tratamiento de agua residual corriente arriba que descarga un agua residual de baja concentración, y en donde la entrada de agua residual de la zona de mezclado es una entrada de agua residual de baja concentración.

18. Un sistema de tratamiento de aguas residuales
25 caracterizado porque comprende:

un sistema de adsorción de flujo alto que incluye una entrada para recibir agua residual,
una fuente de material adsorbente para poner en contacto el agua residual y adsorber los contaminantes del
30 agua residual,

una salida de líquido para descargar una porción

principal del agua residual recibida que se ha puesto en contacto por el material adsorbente, y

una salida de material adsorbente para descargar el material adsorbente que tiene contaminantes adsorbidos y una
5 porción menor del agua residual recibida; y

un sistema de reactor de regeneración biológico de material adsorbido de flujo bajo para mantener el material adsorbente que tiene contaminantes adsorbidos en suspensión durante un periodo de tiempo que es suficiente para permitir
10 los microorganismos para digerir los contaminantes orgánicos adsorbidos, el sistema de reactor de regeneración biológico de material adsorbente de flujo bajo incluye

un reactor de regeneración biológico que tiene una entrada para recibir el material adsorbente con
15 contaminantes adsorbidos de la salida del material adsorbente del sistema de adsorción de flujo alto,

una salida de licor mezclado, y

una salida de material adsorbente en comunicación con la fuente de material adsorbente del sistema de adsorción
20 de alto flujo.

19. El sistema de conformidad con la reivindicación 18, caracterizado porque el sistema de reactor de regeneración biológico de material adsorbente de bajo flujo comprende además:

25 un aparato de corte para cortar la biomasa acumulada en exceso del material adsorbente, el aparato de corte se posiciona dentro del reactor de regeneración biológico y/o separado del reactor biológico y conecta a la salida del material adsorbente para recibir el material
30 adsorbente del reactor de regeneración biológico;

una zona de separación de material

adsorbente/biomasa para separar la biomasa libre de una mezcla de material adsorbente y biomasa libre;

un conducto de material adsorbente para pasar el material adsorbente separado de la zona de separación de biomasa/material adsorbente al sistema de adsorción de flujo alto; y

un conducto de biomasa para pasar la biomasa separada de la zona de separación de biomasa/material adsorbente al reactor de regeneración biológico o una corriente abajo de la localización del reactor de regeneración biológico.

20. El sistema de conformidad con la reivindicación 18, caracterizado porque el sistema de reactor de regeneración biológico de material adsorbente de flujo bajo comprende además:

un aparato combinado para cortar y separar la biomasa acumulada del material adsorbente que se posiciona dentro del reactor de regeneración biológico y/o separado del reactor de regeneración biológico y conectado a la salida del material adsorbente para recibir material adsorbente del reactor de regeneración biológico, y que tiene una salida para descargar el material adsorbente separado y una salida para descargar la biomasa libre;

un conducto de material adsorbente en comunicación con la salida del material adsorbente del aparato combinado para regresar el material adsorbente al sistema de adsorción de flujo alto; y

un conducto de biomasa en comunicación con la salida de biomasa del aparato combinado para pasar la biomasa separada al reactor de regeneración biológico o una corriente debajo de la localización del reactor de regeneración

biológico.

21. El sistema de conformidad con la reivindicación 18, caracterizado porque el sistema de reactor de regeneración biológico de materia adsorbente de flujo bajo
5 comprende además un sistema operativo de la membrana en comunicación fluida con la salida del licor mezclado del reactor de regeneración biológico.

22. El sistema de conformidad con la reivindicación 18, caracterizado porque el sistema de reactor de
10 regeneración biológico de materia adsorbente de flujo bajo comprende además un clarificador y/o un sedimentador en comunicación fluida con la salida del licor mezclado del reactor de regeneración biológico.

23. El sistema de conformidad con la reivindicación
15 18, caracterizado porque el sistema de adsorción de flujo alto incluye una zona de mezclado y una zona de sedimentación.

24. El sistema de conformidad con la reivindicación 18, caracterizado porque el sistema de
20 adsorción de flujo alto incluye un aparato de filtración de material adsorbente.

25. El sistema de conformidad con la reivindicación 18, caracterizado porque el sistema de adsorción de flujo alto incluye un filtro de retrolavado
25 continuo.

26. El sistema de conformidad con la reivindicación 18, caracterizado porque el sistema de adsorción de flujo alto incluye un sistema de filtración de regeneración continua o un filtro de cáscara de nuez de
30 regeneración continua.

27. El sistema de conformidad con la

reivindicación 18, caracterizado porque comprende además un sistema de tratamiento de agua residual corriente arriba que descarga un agua residual de baja concentración, y en donde la entrada del agua residual de la zona mezclada es una
5 entrada de agua residual de baja concentración.

28. El sistema de conformidad con la reivindicación 18, caracterizado porque comprende además

un sensor construido y configurado para medir un parámetro del sistema; y

10 un controlador en comunicación electrónica con el sensor programado para instruir desempeño de un acto con base en el parámetro medido del sistema.

29. El sistema de tratamiento de agua residual de conformidad con la reivindicación 28, caracterizado porque el
15 parámetro de medición es la concentración de uno o más compuestos predeterminados.

30. El sistema de tratamiento de agua residual de conformidad con la reivindicación 28, caracterizado porque el acto comprende remover al menos una porción del material
20 adsorbente del reactor de regeneración biológico.

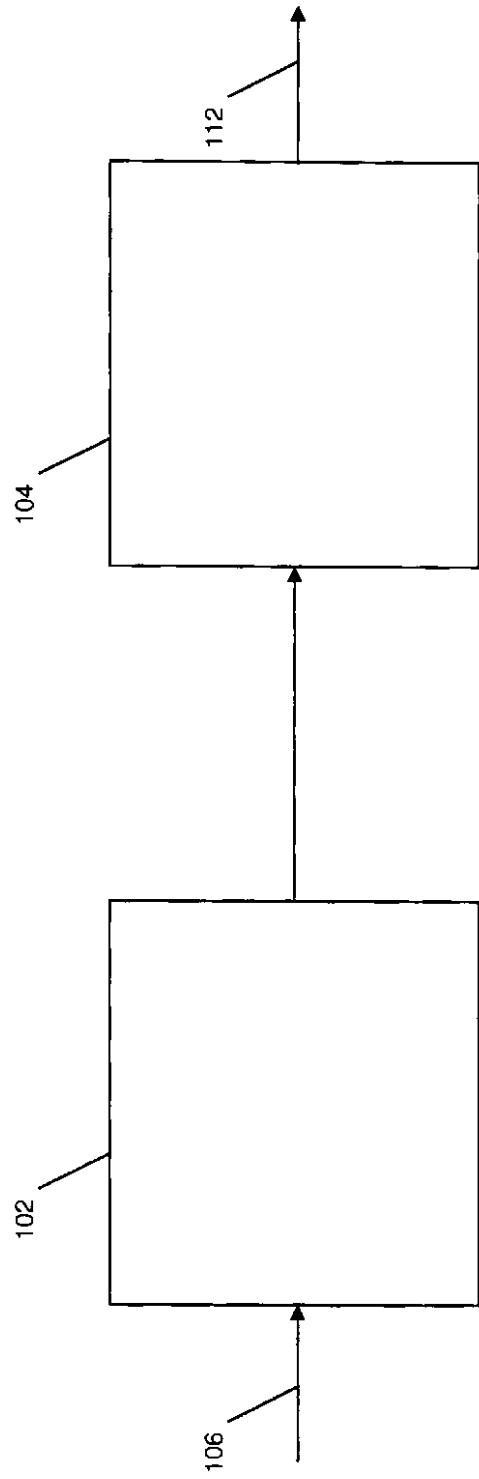
31. El sistema de tratamiento de agua residual de conformidad con la reivindicación 28, caracterizado porque el acto comprende agregar material adsorbente al reactor de regeneración biológico.

25

RESUMEN DE LA INVENCION

Se proporciona un sistema de tratamiento de aguas residuales de concentración baja que incluye un sistema de
5 tratamiento de material adsorbente de flujo alto integrado con un reactor biológico de material adsorbente de flujo bajo. El sistema de tratamiento de material adsorbente de flujo alto incluye una o más operaciones de unidad para mezclar el agua residual de baja concentración con el
10 material adsorbente que está fresco, reciclado, o una combinación de ambos, y para decantar un efluente líquido que tiene un nivel reducido de contaminantes. El material adsorbente con contaminantes adsorbidos se regenera en un reactor biológico de material adsorbente de flujo bajo en el
15 cual se presenta una reacción biológica, tal como oxidación biológica, en donde los contaminantes orgánicos en el agua residual se metabolizan generalmente en dióxido de carbono y agua. El exceso de biomasa se remueve del material adsorbente, y el material adsorbente así regenerado se
20 recicla al sistema de tratamiento de material adsorbente de flujo alto.

100



1/7

108

FIG. 1

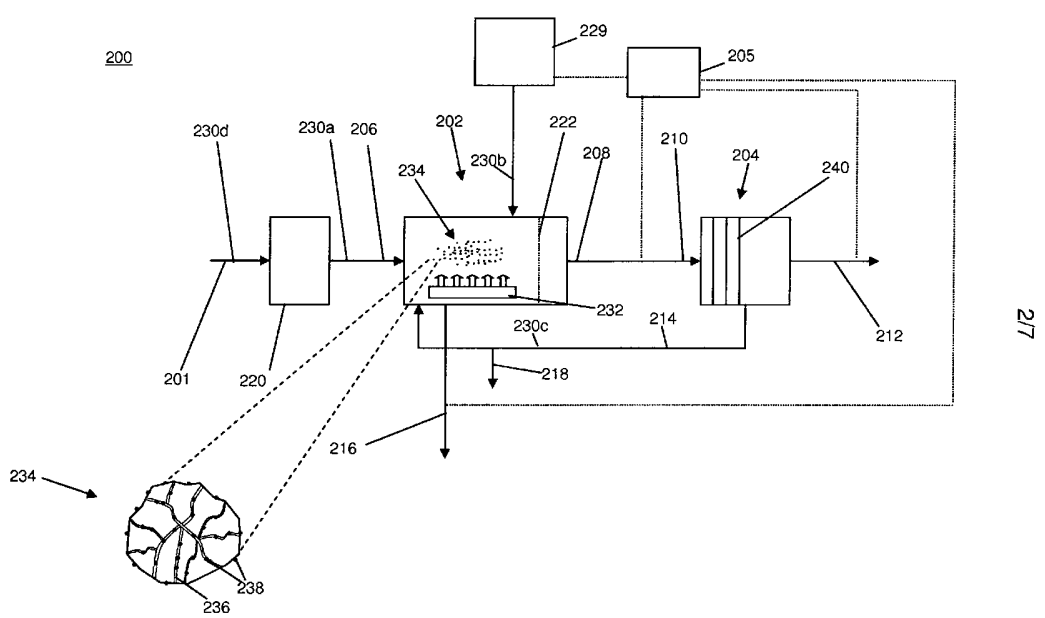
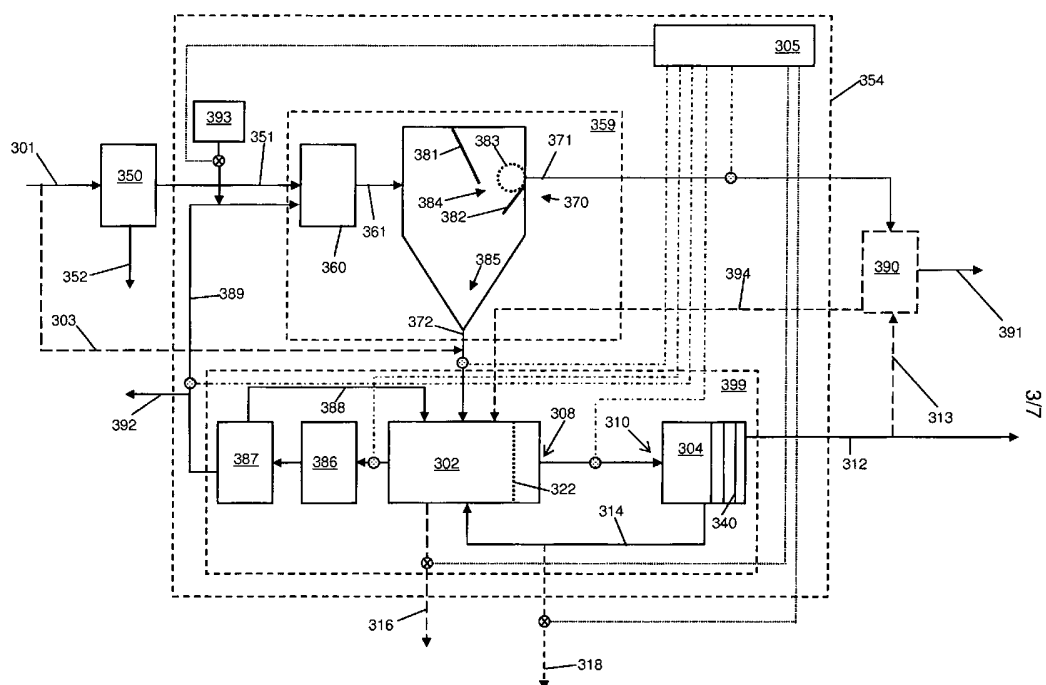
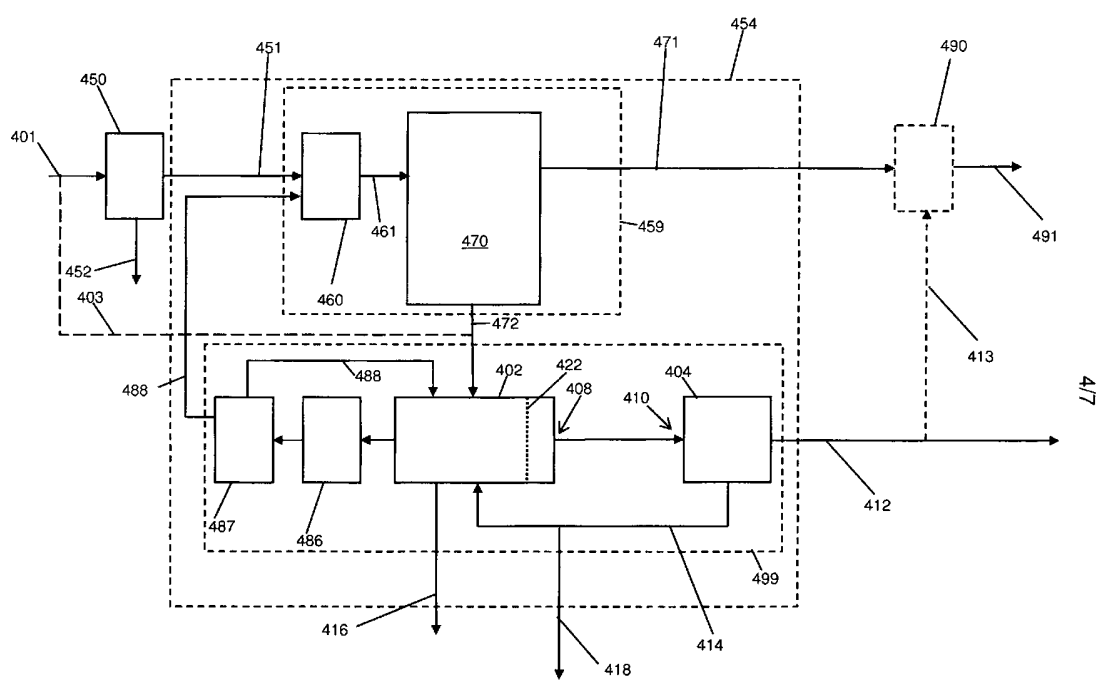
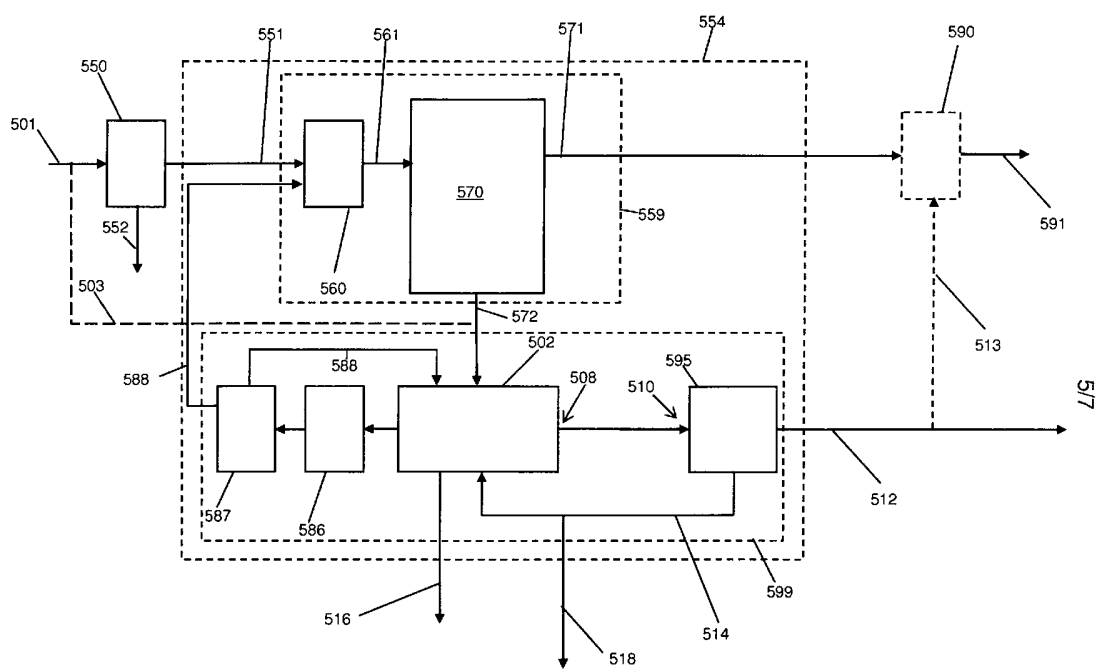


FIG. 2







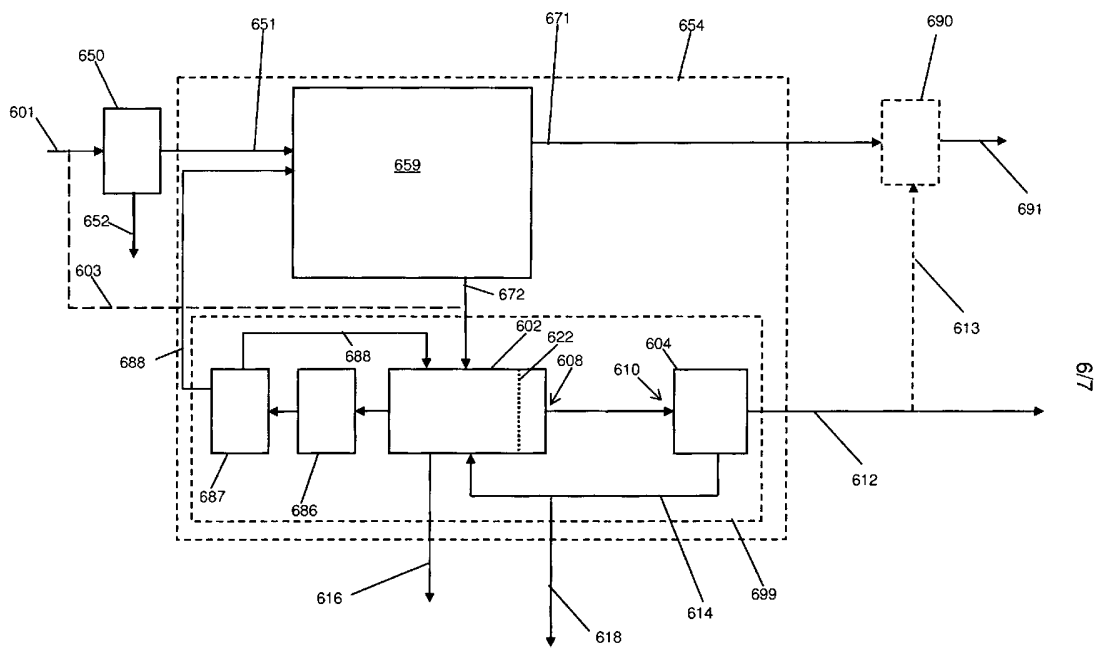


FIG. 6

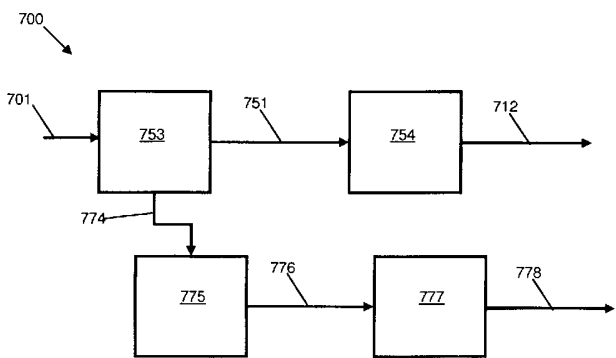


FIG. 7

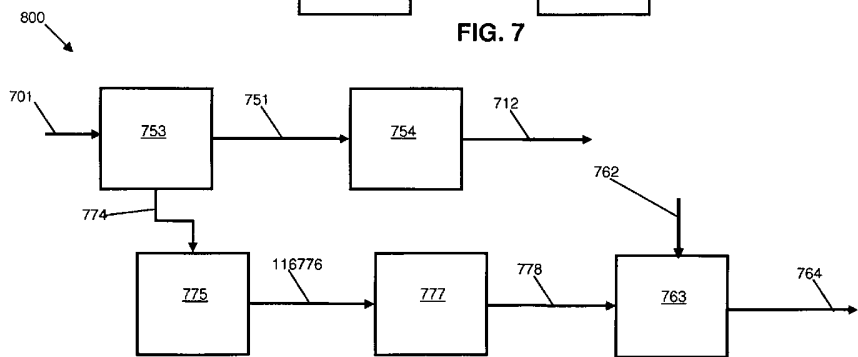


FIG. 8

LOW CONCENTRATION WASTEWATER TREATMENT SYSTEM AND PROCESS

RELATED APPLICATIONS

[01] This application claims the benefit of U.S. Provisional Patent Application No. 61/224,011 filed on July 8, 2009, which is hereby incorporated by reference in its entirety.

BACKGROUND OF THE INVENTION

Field of the Invention

[02] This invention relates to a system and method for wastewater treatment, and in particular to a system and method for treating low concentration wastewater streams.

Description of Related Art

[03] Effective handling of domestic sewage and industrial wastewater is an extremely important aspect of increasing the quality of life and conservation of clean water. The problems associated with simply discharging wastewater in water sources such as rivers, lakes and oceans, the standard practice up until about a half century ago, are apparent - the biological and chemical wastes create hazards to all life forms including the spread of infectious diseases and exposure to carcinogenic chemicals. Therefore, wastewater treatment processes have evolved into systems ranging from the ubiquitous municipal wastewater treatment facilities, where sanitary wastewater from domestic populations is cleaned, to specialized industrial wastewater treatment processes, where specific pollutants in wastewater from various industrial applications must be addressed.

[04] Wastewater treatment facilities typically use multiple treatment stages including preliminary treatment, secondary treatment and tertiary treatment. Biological oxidation is a well known secondary treatment step used to remove the majority of the wastewater contaminants. Commonly, effluent from biological oxidation and/or other secondary treatment processes still contains levels of contaminants that requires further treatment such as tertiary treatment for their removal.

[05] Biologically refractory and biologically inhibitory organic and inorganic compounds are present in certain industrial and sanitary wastewater streams to be treated. Various attempts have been made to address treatment of such biologically refractory and

biologically inhibitory compounds. Certain types of known treatment include use of powdered activated carbon to adsorb and subsequently remove biologically refractory and biologically inhibitory organic compounds.

[06] One portion of certain wastewater treatment processes that is operationally cost-intensive involves the removal of relatively low concentrations of contaminants from wastewater that has been treated by aeration or other secondary processes. While various systems have been employed for tertiary treatment, such as adsorption and filters, a need exists for more efficient and lower cost tertiary treatment without the limitations and disadvantages associated with conventional processes.

SUMMARY OF THE INVENTION

[07] In accordance with one or more embodiments, the invention relates to a system and method of treating wastewater.

[08] In accordance with one or more embodiments, the invention relates to a method for treating wastewater including:

mixing wastewater, and in certain embodiments, low concentration wastewater, with adsorbent material in a mixing zone for a time sufficient for adsorption of contaminants from the wastewater onto the adsorbent material;

separating and removing a major portion of the wastewater from the mixture of wastewater and adsorbent material;

passing the adsorbent material having contaminants adsorbed thereon and a minor portion of the wastewater to a biological regeneration reactor;

retaining the adsorbent material and wastewater in suspension in the biological regeneration reactor for a period of time that is sufficient to allow microorganisms in the biological regeneration reactor to biologically act on at least a portion of the adsorbed contaminants;

discharging biologically treated water effluent from the biological regeneration reactor; and

recycling regenerated adsorbent material to the mixing zone.

[09] In accordance with one or more embodiments, the invention relates to a system for treatment of wastewater, and in certain embodiments, low concentration wastewater. The system includes a mixing zone having a wastewater inlet, an adsorbent material inlet and a discharge outlet. The system further includes an adsorbent material settling and liquid separation zone having a slurry inlet in communication with the discharge outlet of the mixing zone, a treated water outlet, and a contaminated adsorbent material outlet. The system also includes an adsorbent material biological regeneration reactor system having a biological regeneration reactor including a contaminated adsorbent material inlet in communication with the contaminated adsorbent material outlet of the adsorbent material settling and liquid separation zone, a biologically treated water outlet, and a regenerated adsorbent material outlet in communication with the adsorbent material inlet of the mixing zone.

[10] In accordance with one or more embodiments, the invention relates to a system for treatment of wastewater, and in certain embodiments, low concentration wastewater. The system comprises a high flux adsorption system and a low flux adsorbent material biological regeneration reactor system. The high flux adsorption system includes an inlet for receiving wastewater, a source of adsorbent material for contacting the wastewater and adsorbing contaminants from the wastewater, a liquid outlet for discharging a major portion of the received wastewater that has been contacted by the adsorbent material, and an adsorbent material outlet for discharging adsorbent material having adsorbed contaminants and a minor portion of the received wastewater. The low flux adsorbent material biological regeneration reactor system is for maintaining the adsorbent material having adsorbed contaminants in suspension for a period of time that is sufficient to allow microorganisms to digest adsorbed organic contaminants. The adsorbent material biological regeneration reactor system includes a biological regeneration reactor having an inlet for receiving adsorbent material with adsorbed contaminants from the adsorbent material outlet of the high flux adsorption system, a mixed liquor outlet, and an adsorbent material outlet in communication with the source of adsorbent material of the high flux adsorption system.

BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

[11] The invention will be described in further detail below and with reference to the attached drawings all of which describe or relate to apparatus, systems and methods of the present invention. In the figures, which are not intended to be drawn to scale, each similar component that is illustrated in various figures is represented by a like numeral. In the figures:

[12] FIG. 1 is a schematic diagram of a membrane biological reactor system using a biological reactor which contains one or more zones with adsorbent material in suspension;

[13] FIG. 2 is a schematic diagram of an embodiment of a system for treatment of wastewater using adsorbent material in a biological reactor upstream of a membrane operating system used in the present invention to regenerate and/or reactivate adsorbent material;

[14] FIG. 3 is a schematic diagram of a wastewater treatment system including an embodiment of a high flux adsorbent material treatment system having a mixing zone and an adsorbent material settling and liquid decanting zone that is integrated with a low flux adsorbent material biological regeneration reactor having a biological regeneration reactor and a membrane operating system;

[15] FIG. 4 is a schematic diagram of a wastewater treatment system including a high flux adsorbent material treatment system having a mixing zone and another embodiment of an adsorbent material settling and liquid separation zone that is integrated with a low flux adsorbent material membrane biological regeneration reactor;

[16] FIG. 5 is a schematic diagram of a wastewater treatment system including a high flux adsorbent material treatment system that is integrated with another embodiment of a low flux adsorbent material biological regeneration reactor;

[17] FIG. 6 is a schematic diagram of a wastewater treatment system including a further embodiment of a high flux adsorbent material treatment system that is integrated with a low flux adsorbent material biological regeneration reactor;

[18] FIG. 7 is a schematic diagram of a process flow for treating wastewater according to one embodiment of the present invention including irradiation of primary solids; and

[19] FIG. 8 is a schematic diagram of a process flow for treating wastewater according to another embodiment of the present invention including irradiation of primary solids.

DETAILED DESCRIPTION OF THE INVENTION

[20] As used herein, “biologically refractory compounds” refer to those types of chemical oxygen demand (“COD”) compounds (organic and/or inorganic) in wastewater that are difficult to biologically break down when contacted with micro-organisms. The “biologically refractory compounds” can have varying degrees of refractory nature, ranging from those that are mildly refractory to those that are highly refractory.

[21] “Biologically inhibitory compounds” refer to those compounds (organic and/or inorganic) in wastewater that inhibit the biological decomposition process.

[22] “Biologically labile” means easy-to-digest, simple organics such as human and animal waste, food waste, and inorganics, such as ammonia and phosphorous-based compounds.

[23] “COD” or “Chemical Oxygen Demand,” refers to a measure of the capacity of the waste to consume oxygen during a chemical reaction that results in the oxidation of organic matter and the oxidation of inorganic chemicals such as ammonia and nitrite. COD measurement includes biologically labile, biologically inhibitory and biologically refractory compounds.

[24] “BOD₅” refers to biological oxygen demand compounds that are biologically degradable over a period of 5 days.

[25] “Mixed liquor suspended solids,” or “MLSS,” means microbes and other substances, both dissolved and suspended, present in wastewater being treated; “mixed liquor volatile suspended solids,” or “MLVSS,” means the active microbes in the MLSS; and “mixed liquor” means the combined mixture of wastewater, MLSS and MLVSS.

[26] “Adsorbent” or “adsorbent materials” as used herein means one or more of granular activated carbon, including granular activated carbon that has been treated to

provide affinity to predetermined chemical species, metals or other compounds found to be present in the wastewater that is to be treated; granular iron-based compounds, e.g., iron oxide composites; synthetic resins; and granular alumino-silicate composites.

[27] “Substantially free” or “substantially prevented” in the context of describing the presence of adsorbent material in effluent passing from one section of a system to another, e.g., from a biological reactor containing suspended adsorbent material to a membrane operating system, refers to limiting the amount of adsorbent material passing to the membrane operating system to an amount that does not adversely effect the requisite efficacy of the membrane filtration process therein. For instance, in certain embodiments, “substantially free” or “substantially prevented” refers to retaining at least about 80% by volume of the predetermined amount of adsorbent material to be used in a given system within the biological reactor or one or more biological reaction zones, in further embodiments, at least about 90% by volume and in still further embodiments at least about 95% by volume, and in yet still further embodiments at least about 99% by volume. However, it will be appreciated by one of ordinary skill in the art based upon the teachings herein that these percentages are merely illustrative, and can vary depending on factors including but not limited to the type of membrane(s) used and their resistance to abrasion, the requisite effluent quality, the predetermined amount of adsorbent material to be used in a given system, and other factors.

[28] This invention is directed to wastewater treatment systems and methods. “Wastewater” as used herein, for instance, as influent streams 101, 201, 301, 401, 501, 601 or 701, defines any water to be treated such as surface water, ground water, and a stream of wastewater from industrial, agricultural and municipal sources, having pollutants of biodegradable material, inorganic, labile organic compounds capable of being decomposed by bacteria, biologically refractory compounds, and/or biologically inhibitory compounds, flowing into the wastewater treatment system.

[29] Wastewater from industrial and municipal sources typically contains biological solids, and inert material and organics, including biologically inhibitory and refractory organics. Examples of biologically inhibitory and refractory organics may include

synthetic organic chemicals, such as polyelectrolyte treatment chemicals. Other biologically inhibitory and refractory organics include polychlorinated biphenyls, polycyclic aromatic hydrocarbons, polychlorinated dibenzo-p-dioxin, and polychlorinated dibenzofurans. Endocrine disrupting compounds are also a class of biologically inhibitory and refractory organics which can affect hormone systems in organisms and are found in the environment. Examples of endocrine disrupting compounds include: alkylphenolics, such as nonylphenol used for removing oil as well as natural hormones and synthetic steroids found in contraceptives, such as 17-b-estradiol, estrone, testosterone, ethynyl estradiol.

[30] Other examples of wastewaters to be treated include: high strength wastewater; low strength wastewater; and leachate from landfills. Waters may also be treated to remove viruses. Other examples of pollutants in wastewater include: flame retardants, solvents, stabilizers, polychlorinated biphenyls (PCBs); dioxins; furans; polynuclear aromatic compounds (PNAs); pharmaceuticals, petroleum; petrochemical products; petrochemical byproducts; cellulose; waste products from the pulp and paper industry, phosphorous; phosphorous compounds and derivatives; and agricultural chemicals such as those derived from or used to produce fertilizers, pesticides, and herbicides.

[31] Wastewater from industrial and municipal sources may also contain trace constituent compounds that originate during the water treatment process and are subsequently difficult to remove. Examples of trace constituents introduced during the water treatment process include nitrosamines, such as N-nitrosodimethylamine (NDMA) which may be released from proprietary cationic and anionic resins.

[32] As used herein, "low concentration wastewater" refers to wastewater having a low concentration of biologically labile (i.e., easy-to-digest) organic compounds, which is lower than the influent feed concentration that typically supports a biological treatment system in a conventional secondary treatment system such as an activated sludge aeration processes or a membrane biological reactor. In addition, as used herein, "low concentration wastewater" includes influents that are not amenable to biological oxidation in a traditional treatment biological system as the wastewater is too low in

strength or contains compounds that are not easily biologically degraded. They can also contain compounds entirely resistant to bio-decomposition, biologically inhibitory compounds, and/or biologically refractory compounds, or a combination of these, which either cannot be oxidized biologically, or require much longer residence times than that which is typically available to a biological oxidation system.

[33] In addition, as used herein, “effluent subjected to upstream wastewater treatment” generally means effluent from one or more conventional or any later-developed wastewater treatment systems. The “effluent subjected to upstream wastewater treatment” can be derived from wastewater that was subjected to preliminary and/or primary treatment processes, and secondary treatment processes, e.g., activated sludge aeration processes or membrane biological reactors, and generally has a low concentration of biologically labile (i.e., easy-to-digest) organic compounds, which would not typically be sufficient to support a biological reaction in most conventional secondary treatment systems such as activated sludge aeration processes or membrane biological reactors. In addition, it is also contemplated in certain embodiments of the present invention that “effluent subjected to upstream wastewater treatment” is effluent that has also been subjected to one or more conventional or later-developed tertiary treatments. For instance, in certain wastewater treatment facilities, effluent from a tertiary treatment system can contain contaminants levels that exceed the mandated discharge levels, and such effluent can be treated by the system and method of the present invention. In further embodiments, the “effluent subjected to upstream wastewater treatment” can be derived from a primary separation system in which substantially all solids have been removed, such as one or more of settlers, clarifiers or other solid separation devices. In still further embodiments, “effluent subjected to upstream wastewater treatment” can include wastewater that has been subjected to a primary separation system followed by irradiation.

[34] In general, wastewater treatment facilities use multiple treatment stages to clean water so that it may be safely released into bodies of water such as lakes, rivers, and streams. Presently, many sanitary sewage treatment plants include a preliminary

treatment phase in which mechanical means are used to remove large objects (e.g., bar screens), and a sand or grit channel where sand, grit and stones settle. Some treatment systems also include a primary stage where certain fats, greases and oils float to the surface for skimming, and heavier solids settle to the bottom, and are subsequently treated in an aerobic or anaerobic digester to digest biomass and reduce the levels of biological solids.

[35] After preliminary and/or primary treatment, the wastewater is then sent to a secondary biological activated sludge treatment phase. Biological treatment of wastewater is widely practiced. Wastewater is commonly treated with waste activated sludge, in which biological solids are acted upon by bacteria within a treatment tank. Activated sludge processes involve aerobic biological treatment in an aeration tank, typically followed by a clarifier/settling tank. Settled sludge is recycled back to the aeration tank in order to maintain an adequate mixed liquor suspended solids concentration to digest the contaminants. Some alternatives available for disposal of excess bio-solids, e.g., sludge, include but are not limited to incineration, disposal in a landfill, or use as fertilizer if there are no toxic components.

[36] In the aeration tank, an oxygen-containing gas such as air or pure oxygen is added to the mixed liquor. Oxygen is typically used by the bacteria to biologically oxidize the organic compounds that are either dissolved or carried in suspension within the wastewater feed. Biological oxidation is typically the lowest cost oxidation method available to remove organic pollutants and some inorganic compounds, such as ammonia and phosphorous compounds, from wastewater and is the most widely used treatment system for wastewater contaminated with biologically treatable organic compounds. Wastewaters that contain compounds entirely resistant to bio-decomposition, biologically inhibitory compounds, and/or biologically refractory compounds may not be adequately treated by a conventional simple biological wastewater treatment system. These compounds can only be acted upon by the bacteria during a hydraulic retention time within the specific treatment tank. Because the hydraulic retention time is generally insufficient for biological oxidation of a sufficient quantity of the biologically inhibitory

compounds and/or biologically refractory compounds, it is likely that some portion of these recalcitrant compounds may not be adequately treated or destroyed and can pass through a treatment process unchanged or only partially treated prior to discharge in either an effluent or excess residual sludge.

[37] The mixed liquor effluent from the aeration tank typically enters a clarifier/settling tank where sludge, including concentrated mixed liquor suspended solids, settles by gravity. Settled biomass is wasted, i.e., discharged, to off-site disposal, or circulated back to the aeration tank. However, based on the wastewater and economic needs, some biological oxidation systems use a different treatment method to remove the solids from the wastewater effluent. The clarifier/settling tank can be replaced with a membrane operating system, or another unit operation such as a dissolved/induced air flotation device. The liquid effluent from the clarifier/settling tank, operating system or dissolved/induced air flotation device is either discharged or given further treatment prior to discharge. The solids that are removed from the clarification/separation device are returned to the aeration tank as return activated sludge in order to retain an adequate concentration of bacteria in the system. Some portion of this return activated sludge is periodically removed from this recycle line, known as waste activated sludge, in order to control the concentration of bacteria in the mixed liquor. This waste activated sludge is then disposed of in a predetermined manner.

[38] One recent advance in conventional industrial biological wastewater treatment plant technology includes the addition of powdered activated carbon particles to the mixed liquor. In biological treatment processes utilizing powdered activated carbon, the organics can be adsorbed onto the activated carbon and remain within the treatment tank for a hydraulic retention time that is similar to the sludge residence time and therefore undergo both adsorptive and extended biological treatment that result in enhanced removal of certain biologically inhibitory or refractory compounds. In these processes, certain organic and inorganic compounds are physically adsorbed to the surface of the powdered activated carbon particles. At least a portion certain of these compounds are then biologically degraded, e.g., oxidized in an aerobic process, during the extended time

that it is present in the system, and the remainder is adsorbed and discharged with the activated carbon when it is wasted from the system.

[39] Powdered activated carbon has been used in conventional biological treatment plants because of its ability to adsorb biologically inhibitory and biologically refractory compounds, thereby providing an effluent with lower concentrations of these pollutants. Inclusion of powdered activated carbon in the mixed liquor provides a number of operational benefits. The carbon provides the advantages of a suspended media biological treatment system which include increased pollutant removal and increased tolerance to upset conditions. Additionally, the carbon allows the biologically inhibitory and biologically refractory compounds to adsorb onto the surface of the carbon and to be exposed to the biology for a significantly longer period of time than in a conventional biological treatment system, thereby providing benefits similar to that of a fixed film system. The carbon also allows for the evolution of specific strains of bacteria that are more capable of digesting the biologically inhibitory organic materials. The fact that the carbon is continuously recycled back to the aeration tank with the return activated sludge, i.e., the sludge residence time, means that the bacteria can work on digesting the biologically inhibitory organic compounds adsorbed onto the surface of the carbon for a period of time longer than the hydraulic detention time of the biological treatment system. This process also results in biological regeneration of the carbon and allows the carbon to remove significantly more biologically inhibitory and biologically refractory compounds than it could in a simple packed bed carbon filter system which would also require frequent replacement or costly physical regeneration of the carbon once the adsorption capacity of the carbon is exhausted. The carbon in the mixed liquor can also adsorb certain compounds and therefore provide an effluent that is free of or has a substantially reduced concentration of compounds that are not treatable by conventional biological oxidation or otherwise entirely resistant to bio-decomposition. One example of a known powder activated carbon system is offered by Siemens Water Technologies under the trademark "PACT®."

[40] However, because both biological growth and adsorption of organic and inorganic compounds occurs on the activated carbon in powder form, wasting of excess solids is required. In addition, the powdered activated carbon is discharged from the treatment process with the removal of biosolids and must, therefore, be continually replaced. The primary mode of contaminant removal in a PACT® system is adsorption, with a secondary function of biological regeneration of organics adsorbed on the powdered activated carbon; the powdered activated carbon is not retained in the system for a sufficient period of time for biological regeneration to be the primary treatment mechanism.

[41] Increasingly, sanitary wastewater is being treated using membrane biological reactor technology, which offers improved effluent quality, a smaller physical footprint (more wastewater can be treated per unit area), increased tolerance to upsets, improved ability to process hard-to-treat wastewaters and a variety of other operational advantages. For example, wastewaters containing high total dissolved solids can experience settling problems in a conventional clarifier/settling tank and requires significantly more difficult-to-operate solids separation devices such as a dissolved/induced air flotation device or some other solids removal system. However, while membrane biological reactors eliminate the settling problems experienced with clarifier/settling tank systems, they often present problems of membrane fouling and foaming that do not occur in conventional systems using clarifiers. Membrane fouling may be the result of extracellular polymeric compounds that result from the break-down of the biological life forms in the mixed liquor suspended solids, accumulation of organic materials such as oils, or by scaling caused by inorganic materials.

[42] In addition, to date, membrane biological reactors have not been utilized commercially with powdered activated carbon addition. There has been some use of powdered activated carbon in surface water treatment systems that utilize membranes for filtration. However, it has been reported that these surface water treatment systems using membranes and powdered activated carbon have problems with the carbon abrading the membranes and the carbon permanently plugging and/or fouling the membranes.

[43] Industrial wastewater that must be treated prior to discharge or reuse often include oily wastewaters, which can contain emulsified hydrocarbons. Oily wastewaters can come from a variety of industries including steel and aluminum industries, chemical processing industries, automotive industries, laundry industries, and crude oil production and petroleum refining industries. As discussed above, a certain amount of non-emulsified oils and other hydrocarbons may be removed in primary treatment processes, where floating oils are skimmed from the top. However, biological secondary wastewater processes are generally employed to remove the remaining oils from wastewater, typically the dissolved and emulsified oils, though some free oil may exist. Typical hydrocarbons remaining after primary treatment can include lubricants, cutting fluids, tars, grease, crude oils, diesel oils, gasoline, kerosene, jet fuel, and the like. These hydrocarbons typically must be removed prior to discharge of the water into the environment or reuse of the water in the industrial process. In addition to governmental regulations and ecological concerns, efficient removal of the remaining hydrocarbons also has benefits, as adequately treated wastewater may be used in many industrial processes and eliminate raw water treatment costs and reduce regulatory discharge concerns.

[44] Other types of wastewater that must be treated includes contaminated process water from other industrial processes such as manufacturing of pharmaceuticals, various goods, agricultural products (e.g., fertilizers, pesticides, herbicides), and paper processing, as well as medical wastewater.

[45] Commercial deployment of membrane biological reactors in the treatment of oily/industrial wastewater has been very slow to develop, mainly due to maintenance problems associated with oil and chemical fouling of the membranes. Testing of industrial/oily wastewater treated in a membrane biological reactor having powdered activated carbon added to the mixed liquor indicated the same treatment advantages as observed in conventional biological wastewater treatment systems including powdered activated carbon. It was also noted that the advantages of using a membrane biological reactor can also be achieved. A side-by-side comparison of membrane biological reactors

with and without the addition of powdered activated carbon demonstrated that the membrane biological reactor with powdered activated carbon provided treatment advantages as compared to the membrane biological reactors without activated carbon. Additionally, the membrane biological reactor without the carbon addition was very difficult to operate because of dissolved organics and extra cellular polymeric compounds fouling the membranes. However, testing further demonstrated that while the addition of powdered activated carbon provided a very viable biological wastewater treatment system, the carbon had the deleterious effect of a significant amount of abrasion to and non-reversible fouling of the membranes. This abrasion and non-reversible fouling was significant enough to result in this system being very costly to operate, because of the significantly decreased life expectancy of the membranes and membrane cleaning frequency.

[46] Traditional biological oxidation of wastewater is commonly a secondary treatment step used to remove the majority of the wastewater contaminants, as it is typically the least costly oxidation method available to treat the organic compounds in the wastewater. In addition, to a lesser extent, a biological system can also remove some inorganic compounds, as some of the inorganic contaminants that can either be oxidized (e.g., ammonia, phosphates), adhere to the biomass, or can be absorbed by the biomass. If it is absorbed by the biomass it is ultimately discharged with the waste activated sludge.

[47] Notwithstanding the advances and developments in biological oxidation processes and other secondary treatments, many secondary treatment systems are not capable of adequately treating the wastewater feed by biological oxidation alone. Wastewater effluent that has been subjected to secondary treatment sometimes does not have sufficiently low levels of organic and/or inorganic contaminants to allow discharge or reuse in compliance with regulatory limits. Accordingly, tertiary treatment steps are often required.

[48] Conventional tertiary treatment steps often include passage of effluent that has been subject to secondary treatment through one or more adsorbent columns, including adsorbent material such as activated carbon, commonly known as “polishing.” Other

tertiary treatment processes can include passing the secondary treatment effluent through one or more filters, coalescers, UV oxidation, chemical oxidation, other tertiary treatment system, or a combination of these systems. However, these tertiary treatment systems are often large and/or expensive to operate. A key reason for the problematic size and expense of conventional tertiary treatment systems is that the entire secondary treatment effluent having a relatively low concentration of contaminants, or a substantial portion thereof, are subject to these treatments.

[49] The systems and methods of the present invention obviate the drawbacks of existing tertiary treatment systems, and in certain embodiments provide a system that can be used as a secondary or tertiary treatment system, particularly when the wastewater to be treated is a low concentration wastewater.

[50] The present invention is directed to an improved wastewater treatment process and system for treating a wastewater stream that has a flow rate similar to the influent flow rate, i.e., high flux, in a biological treatment system that has a low flux. This is achieved by adsorbing the contaminants in the high flux stream onto adsorbent material and then biologically regenerating and/or reactivating the adsorbent material in a suspended media membrane biological regeneration reactor system. This system is particularly useful for the processing of low concentration wastewater that is not particularly suitable for conventional biological wastewater treatment because of the low level of biologically labile compounds.

[51] In certain embodiments, the wastewater treatment process and system for low contaminant concentration wastewater is useful as a tertiary treatment system, in which a substantial portion of effluent that has been subjected to secondary treatment and/or other upstream treatment is exposed to a high flux adsorbent material treatment, and a minor portion having a relatively higher level of contaminants adsorbed on the adsorbent material is subjected to a low flux adsorbent biological regeneration treatment system to regenerate the adsorbent material.

[52] The system and method for treatment of wastewater of the present invention comprehends a treatment system which includes a high flux adsorbent material treatment

system integrated with a low flux adsorbent material biological regeneration reactor. In general, the high flux adsorbent material treatment system includes one or more unit operations for mixing low concentration wastewater, or other wastewater containing compounds entirely resistant to bio-decomposition, biologically inhibitory compounds, and/or biologically refractory compounds, or a combination of these, with adsorbent material and decanting liquid effluent having a reduced concentration of contaminants.

[53] The adsorbent material having contaminants from the low concentration wastewater adsorbed on its surface and/or on the surface of pore walls is passed to a low flux adsorbent material biological regeneration reactor in which biological micro-organisms degrade organic and certain inorganic contaminants and provide an adsorbent material with lower concentrations of these compounds such that it can be reused as a fresh adsorbent. In certain embodiments in which the biological reactor is an aerobic biological reactor having a source of oxygen to support aerobic micro-organisms, the biological reaction includes biological oxidation, wherein organic contaminants in the wastewater are metabolized generally into carbon dioxide and water. Excess biomass is removed from the adsorbent material, and the regenerated adsorbent material is recycled to the high flux adsorbent material treatment system. Alternatively, the low flux adsorbent material biological reactor could be an anaerobic biological regeneration reactor system, for instance, in embodiments in which the compounds to be adsorbed onto the adsorbent material are more easily degraded in an anaerobic reactor.

[54] In accordance with one or more embodiments, the present invention employs a system including a suspended media membrane biological reactor system, such as a granular activated carbon aeration reactor, followed by a membrane operating system, in which adsorbent material is substantially prevented from entering the membrane operating system, as described in PCT Publication Number WO/09085252, which is incorporated by reference herein.

[55] In one preferred embodiment, the present invention provides a tertiary treatment process including the steps of: mixing adsorbent material with low concentration wastewater; settling the adsorbent material; decanting or otherwise removing the water

contacted by the adsorbent material; treating the adsorbent material having adsorbed contaminants in a biological regeneration reactor; treating mixed liquor from the biological reactor, including mixed liquor suspended solids and mixed volatile liquor suspended solids, that is substantially free of adsorbent material, in a membrane operating system; removing excess biomass from the adsorbent material; and recycling the adsorbent material to the step of mixing it with the low concentration wastewater in a high flux adsorbent material treatment system. Advantageously, the decanted supernatant includes a substantial portion of low concentration wastewater. Accordingly, the biological regeneration reactor and the membrane operating system are employed to treat only a small portion of the volume of the total low concentration wastewater effluent previously subjected to upstream treatment in prior art processes. A cost-effective treatment is thereby provided for low concentration wastewater, especially as compared to conventional tertiary treatment systems such as granular activated carbon adsorption columns typically utilized for polishing wastewater discharged from a secondary treatment zone. These systems typically regenerate the adsorbent material with energy intensive regeneration processes such as hot air regeneration or steam regeneration.

[56] The low concentration wastewater treatment system of the present invention includes adsorbent material which in certain preferred embodiments is granular activated carbon, in one or more vessels arranged to adsorb organic compounds in low concentrations. The adsorbed organics are subsequently exposed to biological microorganisms in a low flux adsorbent material biological reactor for a period of time that is much longer than the typical hydraulic residence time in granular activated carbon filters. The low concentration wastewater treatment system and process of the present invention concentrates these organic compounds from the effluent that has been subjected to upstream wastewater treatment. Accordingly, when employed as a tertiary treatment system, the low concentration wastewater treatment system and process of the present invention allows organic contaminants to be exposed to bacteria for a longer period of time than could normally be achieved based on the flux of the upstream wastewater treatments in conventional secondary treatment systems. Thus, the time for biological

reaction, for instance, biological oxidation in embodiments in which the micro-organisms are aerobic bacteria, is substantially increased. The use of biological regeneration rather than the energy intensive systems typically employed to regenerate granular activated carbon in polishing filters, is a much more cost effective regeneration system.

[57] In accordance with one or more embodiments, the low concentration wastewater treatment system of the present invention includes adsorbent material which in certain preferred embodiments is granular activated carbon, in one or more vessels arranged to adsorb organic compounds in low concentrations. The low concentration wastewater treatment system and process of the present invention concentrates these organic compounds from the effluent that has been subjected to upstream wastewater treatment. Accordingly, when employed as a tertiary treatment system, the low concentration wastewater treatment system and process of the present invention allows organics to be exposed to bacteria for a longer period of time than could normally be achieved based on the flux of the upstream wastewater treatments in conventional tertiary treatment systems, e.g., carbon polishing systems. Thus, the time for biological reaction, for instance, biological oxidation in embodiments in which the micro-organisms are aerobic bacteria, is substantially longer than could be achieved in a biological reactor treating the entire influent flow..

[58] In addition, in accordance with one or more embodiments, the low concentration wastewater treatment system and process of the present invention uses adsorbent material such as granular activated carbon to adsorb the contaminants from the low concentration wastewater, e.g., a full flow low concentration wastewater stream from a secondary treatment system, and transfers the adsorbent material having the adsorbed contaminants into a relatively small membrane biological reactor system having an arrangement similar to the membrane biological reactor system described in co-pending and commonly-owned PCT application number PCT/US10/38644, which is incorporated herein by reference, and in PCT Publication Number WO/09085252, which is also incorporated by reference herein. The organic compounds that are adsorbed on the adsorbent material are biologically treated in a suspended media membrane biological reactor system, and

accordingly obviates the need to treat the entire wastewater flow and organic load from the upstream wastewater treatment system. In embodiments in which the suspended media membrane biological reactor system is an aerobic system, the biomass is supplied with the requisite oxygen for biological oxidation by using air or oxygen from an air diffuser and/or other source. In embodiments in which the suspended media membrane biological reactor system is an anaerobic biological reactor, the system is operated under requisite conditions to anaerobically degrade the compounds. A relatively small membrane biological reactor system can thus treat the organic compounds that are present in low concentrations in the high flux stream of effluent subjected to upstream wastewater treatment.

[59] In addition, while certain embodiments of the present invention are described as tertiary systems and processes for treating effluent from one or more upstream wastewater treatment processes, including primary and/or secondary processes, it will be appreciated by a person of ordinary skill in the art that the systems and methods of the present invention can be employed to treat wastewater effluent directly from certain processes having low concentrations of organics, for instance, which would not effectively support the biology in a conventional biological reactor.

[60] FIGs. 1 and 2 are representations of suspended media membrane biological reactor systems suitable for integration with the system of the present invention for treating low concentration wastewater, and in particular, for regenerating and/or reactivating adsorbent material having contaminants adsorbed thereon in a high flux adsorption step. These systems, described in PCT application number PCT/US10/38644 and in PCT Publication Number WO/09085252, provide for use of adsorbent material such as granular activated carbon in a biological reactor system upstream of a membrane operating system. In particular, the systems include a separation subsystem that substantially prevents adsorbent material from passing to the membrane operating system and thereby abrading, fouling or otherwise damaging the membranes therein.

[61] Referring now to FIG. 1, a wastewater treatment system 100 is schematically depicted including a biological reactor system 102 upstream of a membrane operating

system 104. In certain embodiments, biological reactor system 102 includes a single biological reactor vessel. In additional embodiments, biological reactor system 102 includes a plurality of biological reactor vessels, one biological reactor vessel divided into separate sections, or a plurality of biological reactor vessels some or all of which can be divided into separate sections. The individual reactor vessels or segregated sections are referred to herein generally as a biological reaction zone. During wastewater treatment operations using the suspended media membrane biological reactor systems, adsorbent material along with micro-organisms are maintained in suspension in all of the biological reaction zones or a subset of the total number of biological reaction zones. The membrane operating system 104 is maintained substantially free of adsorbent material using one or more of the separation subsystems described herein. An influent wastewater stream 106 is introduced from a primary treatment system, a preliminary screening system, or as a direct flow of previously untreated wastewater. In further embodiments, the influent wastewater stream 106 can be previously treated wastewater, e.g., an effluent from one or more upstream biological reactors, including, but not limited to, aerobic biological reactors, anoxic biological reactors, continuous flow reactors, sequencing batch reactors, or any number of other types of biological treatment systems capable of biologically degrading organic and in certain embodiments some inorganic compounds.

[62] The biological reactor(s) and/or certain biological reactor zones can be various types of biological reactors, including but not limited to aerobic biological reactors, anoxic biological reactors, anaerobic biological reactors, continuous flow reactors, sequencing batch reactors, trickling filters, or any number of other types of biological treatment systems capable of biologically degrading organic and in certain embodiments some inorganic compounds.

[63] In addition, the biological reactor(s) and/or certain biological reactor zones used herein can be of any size or shape suitable to suspend adsorbent material in conjunction with the suspension system. For example, the vessel may have a cross sectional area of any shape, such as circular, elliptical, square, rectangle, or any irregular shape. In some

embodiments, the vessel can be constructed or modified in order to promote suitable suspension of the adsorbent material.

[64] FIG. 2 schematically depicts the process flow of a wastewater treatment system 200 for producing a treated effluent having reduced concentrations of biologically labile, biologically refractory, biologically inhibitory and/or organic and inorganic compounds that are entirely resistant to biological decomposition. System 200 generally includes a biological reactor 202 and a membrane operating system 204. Biological reactor 202 includes an inlet 206 for receiving wastewater and an outlet 208 for discharging effluent that has been biologically treated, including mixed liquor volatile suspended solids and/or mixed liquor, to the membrane operating system 204.

[65] The biological reactor 202 includes a distributed mass of adsorbent material 234 having pores 236, and an effective amount of one or more micro-organisms 238, that are both adhered to the adsorbent material and free-floating and separate from the adsorbent material in the mixed liquor, for acting on biologically labile and certain biologically refractory and/or biologically inhibitory compounds in the mixed liquor. The adsorbent material adsorption sites, including the outer surface of the adsorbent granules or particles, and the wall surfaces of pores 236, initially serve as adsorption sites for the biologically labile, biologically refractory, biologically inhibitory and/or organic and inorganic compounds that are entirely resistant to biological decomposition. In addition, micro-organisms 238 can be adsorbed on the adsorption sites of the adsorbent material. This allows for higher digestion levels of certain biologically refractory and/or biologically inhibitory compounds without requiring proportionally longer hydraulic retention times and sludge retention times, due to the fact those certain biologically refractory and/or biologically inhibitory compounds are retained for extended periods of time on the adsorbent material, which are isolated or retained in the biological reactors.

[66] Generally, biologically labile compounds and certain inorganics will be digested relatively quickly and predominantly by the micro-organisms that are not adhered to the adsorbent material, i.e., the free-floating micro-organisms in the mixed liquor. Certain components including organics and inorganics that are entirely resistant to biological

decomposition and very refractory biologically refractory and biologically inhibitory compounds will remain adsorbed on the adsorbent material or can be adsorbed and/or absorbed by free-floating biological material in the reactor(s). Ultimately, these non-digestible compounds will concentrate on the adsorbent to the point where the removal, or wasting, and replacement of the adsorbent will be required to maintain the quality of effluent at an acceptable level. As the adsorbent material remains in the suspended media membrane biological reactor systems, micro-organisms grow and are generally retained on the adsorbent material long enough to break down at least a portion of certain biologically refractory and/or biologically inhibitory compounds in the particular influent wastewater, which have been concentrated on the adsorbent material. While not wishing to be bound by theory, it is believed that micro-organisms can eventually evolve into mature strains with specific acclimation necessary to break down at least a portion of certain hard-to-treat compounds in the particular influent wastewater. Over additional time, e.g., several days to several weeks, during which adsorbent material having certain biologically refractory and/or biologically inhibitory compounds is maintained in the system, the micro-organisms having a high degree of specificity become second, third, and higher generations, thereby increasing their efficacy to biodegrade at least a portion of certain of the specific biologically refractory and/or biologically inhibitory compounds that are present in the particular influent wastewater as the system becomes acclimated.

[67] Various influent wastewaters can be deficient in certain nutrients beneficial to the biology that occurs in the biological reactor 202. Further, certain influent wastewaters can have pH levels that are excessively acidic or caustic. Accordingly, as will be apparent to a person having ordinary skill in the art, phosphorus, nitrogen, and pH adjustment materials, supplemental simple carbon or chemicals can be added to maintain optimal nutrient ratios and pH levels for the biological life and associated activity, including biological oxidation, in the reactor 202.

[68] Effluent from the biological reactor 202 is introduced via a separation subsystem 222 to an inlet 210 of the membrane operating system 204. This transferred mixed liquor, having been treated in biological reactor 202, is substantially free of adsorbent material.

In the membrane operating system 204, the wastewater passes through one or more microfiltration or ultra-filtration membranes, thereby eliminating or minimizing the need for clarification and/or tertiary filtration. Membrane permeate, i.e., liquid that passes through the membranes 240, is discharged from the membrane operating system 204 via an outlet 212. Membrane retentate, i.e., solids from the biological reactor 202 effluent, including activated sludge, is returned to the biological reactor 202 via a return activated sludge line 214.

[69] Spent adsorbent material from the biological reactor 202, e.g., granular activated carbon that is no longer effective in adsorbing contaminants such as certain compounds entirely resistant to bio-decomposition, biologically refractory compounds and biologically inhibitory compounds, can be removed via a mixed liquor waste discharge port 216 of the biological reactor 202. A waste outlet 218 can also be connected to the return activated sludge line 214 to divert some or all the return activated sludge for disposal, for instance, to control the concentration of the mixed liquor and/or culture. Sludge is discharged from the apparatus with the waste activated sludge when it increases to the point where the mixed liquor solids concentration is so high that it disrupts the operation of the particular membrane biological reactor system. In addition, the mixed liquor waste discharge port 216 can be used to remove a portion of the adsorbent material, thereby removing some portion of the biologically refractory compounds, biologically inhibitory compounds, and/or organic and inorganic compounds that are entirely resistant to biological decomposition, rather than from the return activated sludge line with the waste activated sludge, resulting in a lower concentration of these biologically refractory compounds, biologically inhibitory compounds, and/or organic and inorganic compounds that are entirely resistant to biological decomposition in the discharge and a more stable biomass in the membrane biological reactor. An equivalent quantity of fresh or regenerated adsorbent material can then be added to replace the adsorbent thus removed.

[70] A preliminary screening and/or separation system 220 can be provided upstream of the inlet 206 of the biological reactor 202. This preliminary screening and/or separation system can include a dissolved air floatation system, a coarse screen or a

combination of these and/or other preliminary treatment devices for separating suspended matter of the type known in the art. Optionally, the preliminary screening and/or separation system 220 can be eliminated, or other types of preliminary treatment devices can be included, depending on the particular wastewater being treated.

[71] In order to prevent at least a majority of the adsorbent material 234 from entering the membrane operating system 204 and causing undesirable abrasion and/or fouling of the membranes 240, separation subsystem 222 is provided. As shown, in FIG. 2, the separation subsystem 222 is located proximate the outlet of the biological reactor 202. However, in certain embodiments, the separation subsystem 222 can be positioned in a separate vessel downstream of the biological reactor 202. In either case, the separation subsystem 222 includes suitable apparatus and/or structures for preventing contact between at least a majority of the adsorbent 234 and the membranes 240 in the membrane operating system 204. Separation subsystem 222 can comprise one or more of a screening apparatus, a settling zone, and/or other suitable separation apparatus.

[72] Suitable types of screens or screening apparatus for use in certain embodiments of the suspended media membrane biological reactor system include wedge wire screens, metal or plastic apertured plates, or woven fabrics, in cylindrical or flat configurations and arranged at various angles including vertically oriented, horizontally oriented, or at any angle therebetween. In further embodiments, an active screening apparatus can be employed such as a rotating drum screen, vibrating screen or other moving screening apparatus. In general, for systems in which the separation subsystem 222 is a screening apparatus, the mesh size is smaller than the bottom limit of the effective granule or particle size of the adsorbent material that is being used.

[73] Other types of separation subsystems can also be used in the separation subsystem, as alternatives to, or in combination with, a screening apparatus. For instance, as further described below, a settling zone can be provided, in which adsorbent material settles by gravity.

[74] In alternative embodiments, or in conjunction with previously described embodiments, separation subsystems can include a centrifugal system (e.g., hydrocyclone,

centrifuge, or the like), an aerated grit chamber, a floatation system (such as induced gas flotation or dissolved gas), or other known apparatus.

[75] Optionally, or in combination with the separation subsystem 222 proximate the outlet of biological reactor 202, a separation subsystem can be provided between biological reactor 202 and the membrane operating system 204 (not shown). This alternative or an additional separation subsystem can be the same as or different as separation subsystem 222, in type and/or dimension. For instance, in certain embodiments, a settling zone, a clarifier, a hydrocyclone separator, a centrifuge, or a combination of these can be provided as a distinct unit operation between biological reactor 202 and membrane operating system 204.

[76] Note that the separation subsystem 222 is highly effective for preventing passage of adsorbent material in its original dimension to the membrane operating system. In certain preferred embodiments, the separation subsystem 222 prevents substantially all of the adsorbent material 234 from passage to the membrane operating system 204. However, during operation of the system 200, various causes of attrition of the adsorbent material, including inter-granule collisions, shearing, circulation, or collisions of granules within stationary or moving equipment, can cause particles to be created that are too small to be effectively retained with the separation subsystem 222. In order to minimize the detriment to the membranes and loss of adsorbent material to wasting, certain embodiments include a separation subsystem 222 that is capable of preventing passage of substantially all of the adsorbent material 234 within about 70 to about 80 percent of its original dimension. The acceptable percentage reduction in the original dimension can be determined by a person having ordinary skill in the art, for instance, based on an economic evaluation. If the reduction in the dimension results in an increase in the particles passing through the screening system, the membranes will experience increased abrasion. Thus, a cost-benefit analysis can be used to determine what is an acceptable percentage reduction of adsorbent material based on the cost of abrasion and eventual replacement of the membranes as compared to the costs associated with adsorbent material that minimizes breakage, and handling and operational costs associated with a

separation subsystem capable of preventing passage of particles much smaller than the original adsorbent material granules or particles. In addition, in certain embodiments, some degree of inter-granule collisions, or collisions of granules within stationary or moving equipment, is desirable to strip excess biomass from the outer surfaces of the adsorbent material.

[77] Screened or separated mixed liquor effluent from the biological reactor 202 can be pumped or flow by gravity (depending on the design of the particular system) into the membrane operating system 204. In a system using an external separation subsystem (not shown), the apparatus is preferably configured such that adsorbent material separated from the mixed liquor passing through an external fine screen or separator subsystem falls by gravity back into the biological reactor 202.

[78] Adsorbent material such as granular activated carbon, e.g., suitably pre-wetted to form a slurry of adsorbent material, can be added to the wastewater at various points in the system 200, e.g., from a source 229 of adsorbent material. As shown in FIG. 2, adsorbent material can be introduced at one or more locations 230a, 230b, 230c and/or 230d. For instance, adsorbent material can be added to the feedstream downstream of the preliminary screening system 220 (e.g., location 230a). Optionally, or in combination, adsorbent material can be added directly to the biological reactor 202 (i.e., location 230b). In certain embodiments, adsorbent material can be introduced via the return activated sludge line 214 (e.g., location 230c). In additional embodiments, it can be desirable to add the adsorbent material upstream of the preliminary screening system 220 (e.g., location 230d), where the preliminary screening system 220 is designed specifically for this application by including screening that allows the adsorbent material to pass through and into the biological reactor 202. Mixed liquor passes through the separation subsystem 222 and the adsorbent material is substantially prevented from passing into the membrane operating system 204 with the mixed liquor suspended solids.

[79] As the adsorbent material remains in the system and is exposed to wastewater constituents including biologically refractory, biologically inhibitory compounds and/or organic and inorganic compounds that are entirely resistant to biological decomposition,

some or all of the adsorbent material will become ineffective for treating the constituents, i.e., the adsorption capacity decreases. This will result in a higher concentration of these constituents entering the membrane operating system 204, where they pass through the membranes, and are discharged with the membrane effluent 212. In addition, adsorbent material can become ineffective due to coating with bacteria, polysaccharides and/or extracellular polymeric substances. This layer of coating can reach levels where it blocks the pore sites and thereby prevents access for biologically refractory, biologically inhibitory and/or organic and inorganic compounds that are entirely resistant to biological decomposition, and consequently prevents adsorption and inhibits biodegradation. In certain embodiments of suspended media membrane biological reactor systems, this coating can be removed by a shearing action produced by one or more mechanisms in the system, such as collisions between adsorbent material granules suspended in the mixed liquor or shearing forces associated with suspension and/or movement of the adsorbent material.

[80] When adsorbent material has lost all or a portion of its efficacy for reducing the effluent concentration of biologically refractory, biologically inhibitory and/or organic and inorganic compounds that are entirely resistant to biological decomposition, a portion of the adsorbent material can be wasted via waste port 216, e.g., by discharging a portion of the mixed liquor containing adsorbent material dispersed therein.

[81] Additional fresh or regenerated adsorbent material can be introduced into the system, as described above, via adsorbent material introduction apparatus 229 and/or at one or more suitable addition locations. The inlet wastewater and the effluent wastewater COD compound concentrations and/or inorganic compound concentrations, can be monitored to determine when the adsorbent material and its accompanying biomass in the system have experienced reduced effectiveness. A plot of the difference between the inlet and effluent COD divided by the inlet COD concentration will show gradual loss of the efficacy of the adsorbent material in the mixed liquor. The same type of plot can be used to monitor the inorganic removal capacity or the removal of a specific organic species in the system. The amount of COD removed from the feed stream can provide

an indication of the relative amount of biologically refractory and/or biologically inhibitory organic compounds that are being removed from the wastewater feed. As the operators of the system develop experience with treating a particular wastewater, they will be able to determine when this ratio indicates a point at which there is a need to remove a portion of the adsorbent material in the biological reactor and replace it with fresh adsorbent material. The system's required efficiency will thus be regained for the compounds that are biologically refractory, biologically inhibitory and/or entirely resistant to bio-decomposition, for instance, to produce an effluent that is in compliance with regulatory requirements. Sampling and analysis of the effluent for concentrations of specific organic and inorganic compounds can also be used to determine when efficacy of the adsorbent material and its accompanying biomass in the mixed liquor has been reduced and partial replacement should be initiated.

[82] The operator of a suspended media membrane biological reactor system 200 can begin replacing some of the adsorbent material when the effluent concentrations of specific organic or inorganic compounds start to approach the facility's permitted discharge concentrations for these compounds. The allowed discharge concentrations are typically limited by the facility's permit, for instance, as determined by the National Pollutant Discharge Elimination System (NPDES) permit program that is regulated by the United States Environmental Protection Agency, or other similar regulating body in a particular state or nation. As operators gain experience in operating this system with their particular wastewater, they will be able to anticipate when to commence replacement of adsorbent material. When the operator determines that the efficacy of the adsorbent material and its accompanying biomass is approaching an inability to achieve the requisite effluent concentration of pollutants, the normal wasting of excess biomass that is performed by wasting return activated sludge from line 218 can cease and the excess biomass and the accompanying adsorbent material is wasted from the biological reactor 202 via waste port 216. The amount of material wasted is determined by what is required to maintain the mixed liquor suspended solids within the optimum operating range for the particular membrane biological reactor system. After replacement of a

portion of the adsorbent material, the effluent is monitored by the operator to determine whether the requisite contaminant removal efficiency has been restored. Additional replacement can be made as needed based on operating experience.

[83] In some embodiments, the system and/or individual apparatus of the system can include a controller to monitor and adjust the system as desired. A controller can direct any of the parameters within the system depending upon the desired operating conditions, which may, for example, be based on governmental regulations regarding effluent streams. The controller can adjust or regulate valves, feeders or pumps associated with each potential flow based upon one or more signals generated by sensors or timers positioned within the system or individual apparatus. The controller can also adjust or regulate valves, feeders or pumps associated with each potential flow based upon one or more signals generated by sensors or timers, which indicate a specific trend, for example an upward or downward trend in a characteristic or property of the system over a predetermined period of time. For example, a sensor in an effluent stream can generate a signal indicating that the concentration of pollutants such as biologically refractory compounds, biologically inhibitory compounds, and or compounds entirely resistant to bio-decomposition has reached a predetermined value or trend, or indicating that the COD level has reached a predetermined value or trend thereby triggering the controller to perform some act upstream from, downstream from, or at the sensor. This act can include any one or more of removing adsorbent material from the biological reactor, adding new or regenerated adsorbent material to the biological reactor, adding a different type of adsorbent material, adjusting flow of the wastewater at the feed inlet or inlet to another apparatus within the system, redirecting flow of the feed inlet or inlet to another apparatus within the system to a storage tank, adjusting air flow within the biological reactor, adjusting residence time within the biological reactor or other apparatus, and adjusting temperature and/or pH within the biological reactor or other apparatus. One or more sensors can be utilized in or with the one or more apparatus or streams of the system to provide an indication or characteristic of the state or condition of any one or more processes being performed in the system.

[84] The system and controller of one or more embodiments of the suspended media membrane biological reactor system provide a versatile unit having multiple modes of operation, which can respond to multiple inputs to increase the efficiency of the wastewater treatment system. The controller can be implemented using one or more computer systems which can be, for example, a general-purpose computer. Alternatively, the computer system can include specially-programmed, special-purpose hardware, for example, an application-specific integrated circuit (ASIC) or controllers intended for water treatment systems.

[85] The computer system can include one or more processors typically connected to one or more memory devices, which can comprise, for example, any one or more of a disk drive memory, a flash memory device, a RAM memory device, or other device for storing data. The memory is typically used for storing programs and data during operation of the system. For example, the memory can be used for storing historical data relating to the parameters over a period of time, as well as operating data. Software, including programming code that implements embodiments of the invention, can be stored on a computer readable and/or writeable nonvolatile recording medium, and then typically copied into memory wherein it can then be executed by one or more processors. Such programming code can be written in any of a plurality of programming languages or combinations thereof.

[86] Components of the computer system can be coupled by one or more interconnection mechanisms, which can include one or more busses, e.g., between components that are integrated within a same device, and/or a network, e.g., between components that reside on separate discrete devices. The interconnection mechanism typically enables communications, e.g., data, instructions, to be exchanged between components of the system.

[87] The computer system can also include one or more input devices, for example, a keyboard, mouse, trackball, microphone, touch screen, and other man-machine interface devices as well as one or more output devices, for example, a printing device, display screen, or speaker. In addition, the computer system can contain one or more interfaces

that can connect the computer system to a communication network, in addition or as an alternative to the network that can be formed by one or more of the components of the system.

[88] According to one or more embodiments of the suspended media membrane biological reactor system, the one or more input devices can include sensors for measuring any one or more parameters of system and/or components thereof. Alternatively, one or more of the sensors, pumps, or other components of the system, including metering valves or volumetric feeders, can be connected to a communication network that is operatively coupled to the computer system. Any one or more of the above can be coupled to another computer system or component to communicate with the computer system over one or more communication networks. Such a configuration permits any sensor or signal-generating device to be located at a significant distance from the computer system and/or allow any sensor to be located at a significant distance from any subsystem and/or the controller, while still providing data therebetween. Such communication mechanisms can be affected by utilizing any suitable technique including but not limited to those utilizing wireless protocols.

[89] Although the computer system is described by way of example as one type of computer system upon which various aspects of the suspended media membrane biological reactor system and the present invention can be practiced, it should be appreciated that the invention is not limited to being implemented in software, or on the computer system as exemplarily shown. Indeed, rather than implemented on, for example, a general purpose computer system, the controller, or components or subsections thereof, can alternatively be implemented as a dedicated system or as a dedicated programmable logic controller (PLC) or in a distributed control system. Further, it should be appreciated that one or more features or aspects of the suspended media membrane biological reactor system and the present invention can be implemented in software, hardware or firmware, or any combination thereof. For example, one or more segments of an algorithm executable by a controller can be performed in separate computers, which in turn, can be in communication through one or more networks.

[90] In some embodiments, one or more sensors can be included at locations throughout the system 200, which are in communication with a manual operator or an automated control system to implement a suitable process modification in a programmable logic controlled membrane biological reactor system. In one embodiment, system 200 includes a controller 205 which can be any suitable programmed or dedicated computer system, PLC, or distributed control system. The concentration of certain organic and/or inorganic compounds can be measured at the membrane operating system effluent 212 or the effluent from outlet 208 of the biological reactor 202, as indicated by dotted line connections between the controller 205 and both the effluent line 212 and the intermediate effluent line between outlet 208 and inlet 210. In another embodiment, the concentration of volatile organic compounds or other property or characteristic of the system can be measured at one or more of inlets 201, 206, or 210. Sensors known to those of ordinary skill in the art of process control apparatus can include those based on laser-induced fluorescence or any other sensor suitable for in situ real time monitoring of the concentration of organic or inorganic compounds in the effluent or other property or characteristic of the system. Sensors that can be used include submersible sensors for use in oil-in-water measurement which use UV fluorescence for detection, such as enviroFlu-HC sensors available from TriOS Optical Sensors (Oldenburg, Germany). The sensors may comprise lenses which are coated or otherwise treated to prevent or limit the amount of fouling or film that occurs on the lenses. When one or more sensors in the system generate a signal that the concentration of one or more organic and/or inorganic compounds exceeds a predetermined concentration, the control system can implement a responsive action such as a suitable feedback action or feedforward action, including but not limited to removing adsorbent material via waste discharge port 216 (as indicated by dotted line connections between the controller 205 and the waste discharge port 216); adding new or regenerated adsorbent material via adsorbent material introduction apparatus 229 or at one of the other locations (as indicated by dotted line connections between the controller 205 and the adsorbent material introduction apparatus 229); adding a different type of adsorbent material; modifying the hydraulic retention time;

modifying the biological characteristics such as simple carbon food for micro-organisms or adding phosphorus, nitrogen and/or pH adjustment chemicals; and/or other modifications as described above or that will be apparent to those of ordinary skill in the art.

[91] Note that while the controller 205 and the adsorbent material introduction apparatus 229 are shown only with respect to FIG. 2, it is intended that these features and the various feedback and feedforward capabilities can be incorporated in any of the systems described herein. In addition, the controller 205 can be electronically connected to other components such as a wastewater feed pump and the suspension system 232.

[92] After the mixed liquor is aerated and treated by the adsorbent material in the biological reactor 202, the processed mixed liquor passes through separation subsystem 222, and is transferred to the membrane operating system 204 substantially free of adsorbent material. The separation subsystem 222 prevents adsorbent material from passing into the membrane operating system 204. By maintaining the adsorbent material in the biological reactor 202, or otherwise upstream of the membrane operating system 204, the suspended media membrane biological reactor system minimizes or eliminates the likelihood of fouling and/or abrasion of the membrane operating system tank membranes by the adsorbent material.

[93] The membrane operating system 204 contains filtering membranes 240 to filter the biomass and any other solids in the mixed liquor in the membrane operating system tank 204 from the effluent from the bioreactor 212. These membranes 240, which can be in the form of hollow fiber membranes or other suitable configurations, as is known to those of ordinary skill in the art, are typically very expensive and it is highly desirable to protect them from damage in order to maximize their useful life. In the suspended media membrane biological reactor system 200, the life of the membranes in the operating system tank are extended, since the separation subsystem 222 substantially reduces or eliminates entry of the adsorbent material such as granular activated carbon, and/or any other solid granules and particles, into the membrane operating system 204.

[94] Outlet 212 transports filtered effluent from the membrane operating system tank 204. Return activated sludge line 214 transports a return activated sludge stream from the membrane operating system tank 204 to the biological reactor 202 for further use in processing of the wastewater feedstream. Excess sludge is wasted from the system using waste line 218 as in a conventional membrane biological reactor system.

[95] The suspension system 232 utilizes one or more of jet suspension, mechanical mixing, coarse bubble aeration, gas lift suspension systems such as draft tube(s) and draft trough(s), and other types of mechanical or air suspension systems to maintain the adsorbent material 234 in suspension while minimizing attrition of the adsorbent material 234.

[96] In certain embodiments, after an initial period of time in which the adsorbent material 234 is within the biological reactor 202 and some granule breakage occurs, e.g., some of the rough and/or protruding surfaces of the adsorbent material 234 break off and becomes powder, fines, needles or other smaller particulates, the adsorbent material 234 maintained in suspension by the suspension system 232 stabilizes, whereby little or no further breakage or degradation in size occurs.

[97] The concentration of adsorbent material in the mixed liquor is generally determined based upon the specific system parameters and wastewater to treat the particular combination of biologically refractory and/or biologically inhibitory organic or inorganic compounds to meet a facility's discharge requirements. Testing has indicated that operating a membrane biological reactor with a typical industrial mixed liquor suspended solids concentration (in a normal range for the particular membrane biological reactor configuration employed) and an adsorbent material concentration, such as granular activated carbon, of about 20% (of the total mixed liquor suspended solids concentration) was adequate to remove the biologically refractory and/or biologically inhibitory organic compounds present in the wastewater feed without creating fouling problems on the screening system used. Higher concentrations of adsorbent material can be added to provide an additional margin of safety against process upsets that could cause higher than normal effluent concentrations of biologically refractory compounds,

biologically inhibitory compounds, and/or organic or inorganic compounds entirely resistant to biological decomposition. Note that this additional adsorbent material will result in increased screening and/or settling requirements. The lowest concentration of adsorbent material that can be utilized and still achieve the required effluent quality can be empirically determined, based upon a desired margin of safety against process upsets that is based on experience or otherwise deemed appropriate for the particular system and process.

[98] The suspended media membrane biological reactor systems using adsorbent material upstream of a membrane operating system tank to adsorb organic and inorganic materials (biologically refractory, biologically inhibitory or otherwise) as well as to provide for a suspended media membrane biological reactor is applicable for a variety of different configurations. In addition, various separation devices may also be used to maintain the adsorbent material in the biological reactor. It will be appreciated by one of ordinary skill in the art that different systems will have different economic benefits based on the individual characteristics of the wastewater and the region where the facility is to be installed.

[99] The factors that are controlled to produce optimal treatment conditions include the type of adsorbent material, including its size, shape, hardness, specific gravity, settling rate, requisite air flow or other suspension needs for granule suspension in the mixed liquor, i.e., to maintain the granular activated carbon as a suspended media, the screen bar spacing or opening size and hole configuration, the concentration of adsorbent material in the mixed liquor, the concentration of the mixed liquor volatile suspended solids, the total concentration of mixed liquor suspended solids, the ratio of the return activated sludge flow rate divided by the flow rate of the mixed liquor entering the membrane operating system tank, the hydraulic retention time and the sludge retention time. This optimization provides adsorption of some portion of the biologically refractory compounds, easy to degrade biological oxygen demand compounds (BOD₅), biologically inhibitory compounds, organic or inorganic compounds entirely resistant to biological

decomposition, and extra-cellular polymeric substances by the adsorbent material such as granular activated carbon suspended in the mixed liquor.

[100] Another benefit of the suspended media membrane biological reactor system is that sites are provided to which the micro-organisms in the mixed liquor suspended solids can adhere. This aspect of the process produces a mixed liquor volatile suspended solids stream that is more stable and resilient in its response to upset conditions and allows enhanced biodegradation of the organics present in the wastewater as compared to a non-granular activated carbon enhanced membrane biological reactor operated with similar hydraulic retention times and sludge retention times. A source of micro-organisms inside the pore spaces, or on the surface, of the adsorbent material serves as a source of seed bacteria in the event of an upstream process upset resulting in the loss of some of the viable micro-organisms floating free in the mixed liquor. In the event of a thermal or toxic chemical shock to the system, which would, in conventional systems, terminate certain bacteria, some of the micro-organisms within the pore spaces or on the surface can survive, thus only a fraction of the recovery time is necessary as compared to conventional systems without adsorbent. For instance, in systems where the bacteria is mesophilic, the adsorbent can allow some bacteria within the pore sites to survive in the event of thermal shock due to increased temperature. Likewise, in systems where the bacteria is thermophilic, the adsorbent allows some bacteria within the pore sites to survive in the event of thermal shock due to decreased temperature. In both of these circumstances, the time required for the cultures to re-acclimate can be greatly reduced. In addition, in the event of a system shock that terminates all or a portion of the micro-organism population, the presence of adsorbent material allows for continued operation, in which labile, refractory, and inhibitory contaminants can be adsorbed while the micro-organism population is adjusted.

[101] The various benefits have been shown to result in a more rapid acclimation of the mixed liquor to the wastewater feed, reduce fouling of the membranes, an improved tolerance to variations in feed concentrations and flow rate, produce a sludge that can be dewatered more quickly with a less oily nature that is easier to handle, and an effluent

having a lower concentration of organic and inorganic impurities than can be obtained from a conventional membrane biological reactor apparatus.

[102] The use of an adsorbent such as granular activated carbon in place of powdered activated carbon allows the elimination of the membrane fouling and/or abrasion that have been identified as a problem in powdered activated carbon membrane biological reactors testing.

[103] Although the use of granular activated carbon in place of powdered activated carbon does not use carbon as efficiently on a weight basis, the suspended media membrane biological reactor system and a separation subsystem substantially prevents the granular activated carbon from entering the membrane operating system thereby minimizing or eliminating the likelihood of abrasion and fouling of the membranes. The impact of the reduced adsorption efficiency as a result of using granular activated carbon in place of powdered activated carbon does not, however, significantly impact the efficacy of the overall activated carbon-enhanced membrane biological reactor apparatus.

[104] Testing has indicated that the principal mechanism of removal of certain biologically inhibitory organics and/or biologically refractory compounds is related to an increase in the residence time that the biologically refractory and biologically inhibitory compounds are exposed to the micro-organisms in the powdered activated carbon enhanced apparatus. Micro-organisms in the mixed liquor volatile suspended solids adsorbed on the adsorbent material such as granular activated carbon have a longer period of time to digest these certain biologically refractory and biologically inhibitory compounds. Increased residence time for biodegradation has been shown to be a major factor in reducing the concentration of certain biologically refractory and biologically inhibitory compounds in the membrane biological reactor effluent, and the higher adsorption efficiency of the powdered activated carbon is not required to achieve the desired results.

[105] Granular activated carbon in a carbon-assisted membrane biological reactor performs as well or better than a powdered activated carbon enhanced membrane biological reactor in enhancing the removal of biologically refractory compounds,

biologically inhibitory compounds, compounds that are entirely resistant to biological decomposition, and extra-cellular polymeric compounds by allowing for substantial regeneration of the granular activated carbon. Also, because of its larger size, it can be effectively filtered or otherwise separated from the mixed liquor that enters the membrane operating system tank(s). The abrasion that occurs when using the powdered activated carbon can be eliminated or significantly reduced by employing granular activated carbon in the suspended media membrane biological reactor system.

[106] While the use of the powdered activated carbon particles in a membrane biological reactor has demonstrated some of the same advantages described above for the granular activated carbon system, the observed membrane abrasion from the powdered activated carbon particles in the membrane operating system tank(s) is unacceptable since the membrane's useful life can be reduced to an unacceptable level, e.g., significantly less than a typical life expectancy of a membrane. Since the cost of the membranes represents a significant portion of the total cost of a membrane biological reactor system, an extension of their useful life is an important factor in the operating cost of the membrane operating system.

[107] FIGs. 3-6 depict certain embodiments of the wastewater treatment system of the present invention. As noted above, the wastewater treatment system of the present invention can employ a suspended media membrane biological reactor system described with reference to FIGs. 1 and 2 and also described in PCT application number PCT/US10/38644 and Publication Number WO/09085252. While certain preferred embodiments are described in conjunction with treatment of low concentration wastewater, e.g., derived from effluent subjected to upstream wastewater treatment, it will be appreciated by one having ordinary skill in the art, having the benefit of the present disclosure, that the wastewater treatment system of the present invention can advantageously be employed to treat wastewater having some level of biologically labile compounds as well as compounds entirely resistant to bio-decomposition, biologically inhibitory compounds, and/or biologically refractory compounds, or a combination of these.

[108] Referring to FIG. 3, a treatment system 354 is schematically shown for treating effluent 351 from one or more upstream wastewater treatment stages, collectively identified as wastewater treatment system 350. Wastewater treatment system 350 typically treats an influent 301 and discharges excess activated sludge 352 and a liquid treated effluent 351 that is referred to herein as "low concentration wastewater" or "effluent subjected to upstream wastewater treatment", as is conventionally known. While the description which follows refers to effluent 351 as being derived from one or more upstream wastewater treatment stages, e.g., primary and/or secondary, it will be understood by one of ordinary skill in the art that the systems and methods of the present invention are also effective for treating low concentration wastewater from other sources, such as directly from a process having low levels of suspended solids and relatively low levels of dissolved organics. In addition, the wastewater treatment system of the present invention can advantageously be employed to treat wastewater having some level of biologically labile compounds as well as compounds entirely resistant to biodecomposition, biologically inhibitory compounds, and/or biologically refractory compounds, or a combination of these. In these embodiments, stream 351 can be a direct influent, or subject to minimal upstream processing, such as a primary separation system in which substantially all solids have been removed.

[109] As discussed above, tertiary treatment of an effluent from a secondary treatment zone commonly includes passing the entire secondary effluent through one or more granular activated carbon columns or other tertiary system for additional treatment, e.g., polishing, in order to achieve the required water quality standards. In contrast, treatment system 354 of the present invention, which can be used as a tertiary treatment system, employs a combination of a high flux adsorbent material system 359 to adsorb a substantial amount of contaminants, and a further system 399 for biologically treating adsorbed contaminants, i.e., contaminants adsorbed on the adsorbent material, by biological regeneration and/or reactivation.

[110] In general terms, the treatment system 354 of the present invention comprehends a high flux adsorbent material treatment system 359 and a low flux adsorbent material

biological regeneration reactor system 399. The high flux adsorbent material treatment system 359 includes a mixing zone 360 for receiving fresh and/or recycled adsorbent material, e.g., from a source 393 of adsorbent material. Mixing zone 360 is in fluid communication with a source of low concentration wastewater 351 such as effluent subjected to upstream wastewater treatment or other low concentration wastewater. Mixing zone 360 intimately mixes the adsorbent material and wastewater, and passes the mixture of low concentration wastewater and adsorbent material 361 to an adsorbent material settling and liquid separation zone 370. A major portion of the overall liquid volume/flux is decanted or otherwise discharged from the adsorbent material settling and liquid separation zone 370 as effluent 371, which can optionally be subject to further tertiary treatment 390. The adsorbent material is removed from the adsorbent material settling and liquid separation zone 370 as an adsorbent material effluent discharge 372 which is passed to the low flux adsorbent material biological regeneration reactor system 399, which includes a biological regeneration reactor 302, a membrane operating system 304, an adsorbent material shearing zone 386 and an adsorbent material/biomass separation zone 387. In aerobic systems, the biological regeneration reactor 302 further includes a source of oxygen, and micro-organisms biologically oxidize organics and certain inorganics adsorbed on the adsorbent material in the biological regeneration reactor 302, and mixed liquor including mixed liquor volatile suspended solids is passed through an adsorbent solids separation apparatus 322 and discharged as biological regeneration reactor mixed liquor effluent 308 outlet to a solids separation apparatus to remove biomass and any other solids in the mixed liquor. For example, in certain embodiments of the present invention, the solids separation apparatus includes membrane operating system 304, in which the biological regeneration reactor effluent 308 is passed to an inlet 310 of the membrane operating system 304 to remove biomass and any other solids in the mixed liquor. Membrane-treated effluent 312 is discharged as permeate, and activated sludge 314, as retentate, is returned to the biological regeneration reactor 302. A portion of the activated sludge can be discharged from the system via a waste line 318. Adsorbent material from the biological regeneration reactor 302 is passed to the

adsorbent material shearing zone 386, in which excess biomass is sheared from the granules or particles of adsorbent material. Biomass is separated from the adsorbent material in the adsorbent material/biomass separation zone 387. Separated adsorbent material that has been regenerated via biological regeneration reactor 302 and subsequently sheared and separated in zones 386 and 387 is recycled via recycle line 389 to the mixing zone 360, and biomass is returned via 388 to the biological regeneration reactor 302. Spent adsorbent material can be removed from the biological regeneration reactor 302, via line 316, or from the adsorbent material/biomass separation zone 387 via line 392.

[111] In certain embodiments, the functions of the adsorbent material shearing zone 386 and an adsorbent material/biomass separation zone 387 can be integrated in a single unit operation. Examples of apparatus that can perform shearing and biomass separation include continuous backwash filters and/or walnut shell filter. In additional embodiments, some or all of the functionality of the adsorbent material shearing zone 386 and an adsorbent material/biomass separation zone 387 can be accomplished in the biological regeneration reactor 302, for instance if biological regeneration reactor 302 is suitably equipped with sufficient turbulence to promote the necessary shearing. In these embodiments, the biomass can remain in the biological regeneration reactor 302, and the regenerated, sheared and separated adsorbent material can be passed directly to the mixing zone 360.

[112] In addition, adsorbent material can be introduced at various locations in the system. For instance, a source 393 can be used to introduce fresh or regenerated adsorbent material via line 389, e.g., mixed with recycled adsorbent material that is returned to mixing zone 360. Other suitable locations can be used for introducing adsorbent material, for instance, as discussed in with reference to FIG. 2, directly into mixing zone 360, or directly into liquid separation zone 370.

[113] In certain embodiments, the adsorbent material effluent stream 372 is lacking in sufficient nutrients to support the biology within biological regeneration reactor 302. Accordingly, a portion of the raw wastewater from influent 301 can be introduced into

the biological regeneration reactor 302, for instance via a bypass stream 303. This stream 303 can be intermittent, or continuous, depending on the type of wastewater, its constituents, and whether or not the wastewater composition changes over time. Adding this raw wastewater or some other simple carbon source can enhance the development of bacteria that is required for optimal degradation of refractory organics that are removed from low concentration wastewater stream 351 by the adsorbent material. The raw wastewater initially provides bacteria that become acclimated to the raw wastewater feed constituents, and these bacteria then provide a starting point for bacteria that can biologically degrade the refractory organics. The initial bacteria can evolve over time into species that can digest the refractory organics. Having an untreated wastewater stream feeding the organisms in biological regeneration reactor 302 will result in a bacteria population that is capable of digesting more complex organic compounds than the bacterial that would be present in a sanitary wastewater treatment system, which is generally the most common starting point for bacteria in a wastewater treatment system. Alternatively, or in combination, seed cultures can be added to the biological regeneration reactor 302. Periodically, additional seed culture of the same or a different type can be added, for instance, if the bacteria population decreases due to an upstream event or thermal shock, or if the wastewater contaminants change.

[114] Influent low concentration wastewaters can be deficient in certain nutrients beneficial to the biology that occurs in the biological regeneration reactor 302. Further, certain influent wastewaters have pH levels that are excessively acidic or caustic. Accordingly, as will be apparent to a person having ordinary skill in the art, phosphorus, nitrogen, and pH adjustment chemicals can be added to maintain optimal nutrient ratios and pH levels for the biological life and associated activity, including biological oxidation, in the biological regeneration reactor 302. Additionally, in certain embodiments, a stream of simple carbon compounds can be added to increase the rate of biodegradation of the adsorbed contaminants.

[115] In particular, low concentration wastewater is introduced to the mixing zone 360, which is supplied with adsorbent material, such as granular activated carbon. The

adsorbent material can include fresh adsorbent material and/or adsorbent material recycled from within the system, i.e., from the adsorbent material/biomass separation zone 387. The low concentration wastewater and adsorbent material is intimately mixed in mixing zone 360, and at least a portion of the dissolved organics and/or inorganics which were present in effluent 351 are adsorbed on the adsorbent material, i.e., on the outer surface, on the pore wall surfaces, or both.

[116] A mixed stream 361 from the mixing zone 360, including adsorbent material that has adsorbed at least a portion of the organics and/or inorganics from the effluent 351, is then passed to the adsorbent material settling and liquid separation zone 370, e.g., in the form of a slurry. If organics and/or inorganics remain in the liquid portion of the mixture 361, adsorption can continue in the adsorbent material settling and liquid separation zone 370, depending on the flow rate, settling rate, adsorptive capacity of the adsorptive material, and other factors. Preferably, a substantial amount of contaminants are removed so that the remaining liquid portion, decanted or otherwise removed as a high flux adsorbent material effluent stream 371, at least meets levels mandated by the relevant regulatory bodies, and can be recycled or discharged in an environmentally friendly manner. If necessary, stream 371 can be passed to a tertiary treatment zone 390 for final polishing, and the polished effluent 391 discharged. Advantageously, the organics and/or inorganics removed from stream 371 (i.e., as compared to the effluent 351 from wastewater treatment system 350) are adsorbed on the adsorbent material, and stream 371 represents a major portion of the liquid volume of the initial low concentration wastewater stream presented to system 354, e.g., stream 351. In certain embodiments, the flux of stream 371 is at least 90% of the flux of stream 351; in other embodiments, the flux of stream 371 is at least 95% of the flux of stream 351; in additional embodiments, the flux of stream 371 is at least 99% of the flux of stream 351; in further embodiments, the flux of stream 371 is at least 99.9% of the flux of stream 351; and in still further embodiments, the flux of stream 371 is at least 99.99% of the flux of stream 351. The proportion of stream 371 relative to stream 351 can depend on various factors, including the level of initial contamination, the degree of mixing in the mixing

zone 360, the volume, configuration and residence time within the adsorbent material settling and liquid separation zone 370, the adsorptive capacity of the adsorbent material, and/or other factors.

[117] In one embodiment, the adsorbent material settling and liquid separation zone 370 includes a vessel configured with an inverse conical or frusto-conical bottom portion 385. Accordingly, adsorbent material is removed by gravity settling through a discharge port at the bottom of the vessel, along with a minor portion of water from the influent stream 351. In addition, in embodiments in which organics and/or inorganics are not sufficiently adsorbed in the mixing zone 360, the adsorbent material settling and liquid separation zone 370 can be suitably dimensioned to provide additional contact time between the thus-treated wastewater effluent and the adsorbent material. In certain embodiments of the adsorbent material settling and liquid separation zone 370, this can be accomplished with a vessel providing a low concentration wastewater residence time of greater than about 5 minutes, and in certain embodiments having a residence time of greater than about 15 minutes. Of course, one of ordinary skill in the art, having the benefit of the teachings herein, will appreciate that the time required to separate the adsorbent from the effluent will depend on a variety of factors, including but not limited to the density of the adsorbent material, the density of the wastewater, and the geometry of the tank.

[118] The adsorbent material settling and liquid separation zone 370 can preferably include a separation subsystem for preventing adsorbent material from exiting the adsorbent material settling and liquid decanting zone with the high flow of liquid effluent 371. In certain embodiments, the separation subsystem can comprise a quiescent zone 384, e.g., formed by baffles 381 and 382. This permits a substantial amount of the adsorbent material present in the adsorbent material settling and liquid separation zone 370 to be directed towards the inverse conical or frusto-conical bottom portion 385. In additional embodiments, the separation subsystem can comprise a screening apparatus 383 proximate the outlet of the adsorbent material settling and liquid separation zone 370. The screening apparatus 383 can be a stationary screen, a moving screen, a wedge wire screen, a rotary drum screen, or other suitable screen type. In further embodiments, the

separation subsystem can comprise both the quiescent zone 384 and the screening apparatus 383. In still further embodiments, the separation subsystem can include a quiescent zone and a weir located at the liquid effluent 371 outlet of the adsorbent material settling and liquid separation zone 370. Note that the separation subsystem used in the adsorbent material settling and liquid decanting zone 370 can be the same or different than the separation subsystem used in biological regeneration reactor 302 including one or more of a screening system, a settling zone, or a combination thereof. In addition, if further solids removal from the effluent 371 is required, a clarifier, filter, or other separation device can be included in fluid communication downstream of the effluent 371 outlet of the adsorbent material settling and liquid separation zone 370.

[119] For instance, the separation subsystem within the adsorbent material settling and liquid separation zone 370 can be eliminated in embodiments in which the adsorbent material has a relatively high specific gravity (e.g., greater than about 1.10 in water at 20°C, in certain embodiments greater than about 1.40 in water at 20°C, and in additional embodiments having a specific gravity of up to about 2.65 in water at 20°C), whereby high settling rates, in combination with suitable dimensions and configurations of the adsorbent material settling and liquid decanting zone 370, including the geometry of the bottom portion 385 and the position of the effluent 371 outlet. In these embodiments, a clarifier, filter, or other separation device can be provided downstream of the adsorbent material settling and liquid separation zone 370. Alternatively, a clarifier, filter, or other separation device can also be eliminated in embodiments in which the effluent 371 is subjected to a final polishing apparatus 390. In certain embodiments, if the final polishing apparatus 390 is a fixed bed granular activated carbon adsorption column, any excess adsorbent material from the adsorbent material settling and liquid decanting zone 370 that may pass with effluent 371 will not impact the final effluent as it will be trapped in the polishing apparatus 390.

[120] Adsorbent material passes from the adsorbent material settling and liquid separation zone 370 to a biological regeneration reactor in which micro-organisms biologically degrade organics and certain inorganics adsorbed on the adsorbent material.

[121] In certain embodiments, the biological regeneration reactor 302 is an aerobic system, in which the micro-organisms are aerobic and the biological regeneration reactor 302 is an aeration tank, including a source of oxygen (not shown), for instance, one or more diffusers, jet suspension apparatus, or gas lift suspension systems, as described in PCT application number PCT/US10/38644, and the biological degradation includes biological oxidation. The biology within the biological regeneration reactor is discussed in greater detail in PCT application number PCT/US10/38644, and in PCT Publication Number WO/09085252.

[122] In additional embodiments, the biological regeneration reactor 302 is an anaerobic system, in which the micro-organisms are anaerobic.

[123] Mixed liquor, including mixed liquor volatile suspended solids, is discharged, through a separation subsystem 322 in or downstream of the biological reactor 302, and passed from an outlet 308 of the biological reactor 302 to the membrane operating system 304 through an inlet 310. The membrane operating system 304 contains one or more membranes 340. Membrane-treated effluent 312 is discharged as permeate, and activated sludge 314 as retentate is returned to the biological regeneration reactor 302. Optionally, activated sludge waste can be discharged from the return activated sludge line 314 via a waste line 318. In addition, an optional adsorbent material waste line 316 (as indicated by a long-dash line) can remove spent adsorbent material that has lost its efficacy, or be used to periodically remove adsorbent material, as described in conjunction with FIG. 2 and in PCT Publication Number WO/09085252 and in PCT application number PCT/US10/38644. Preferably, removed spent adsorbent material is replenished with equivalent amounts of fresh or regenerated adsorbent material. In additional optional embodiments, all or a portion of membrane treated effluent 312 can be passed via optional line 313 (as indicated by a long-dash line) to a tertiary treatment zone 390 for final polishing.

[124] The adsorbent material, such as granular activated carbon, and any entrained liquid in stream 372 that passes into the biological regeneration reactor 302 is treated in a similar manner as the membrane biological reactor systems described in PCT application

number PCT/US10/38644 and in PCT Publication Number WO/09085252. However, the flux of stream 372 is relatively low. For instance, the flux of stream 372 can be less than about 10%, 5%, 1%, 0.1% or even less than about 0.001% of the flux of stream 351. In certain embodiments, the flux is the minimum flow that can be passed through the membrane operating system 304 without impacting the activity of the micro-organisms in the biological regeneration reactor 302. Alternatively, this system can be operated as a sequencing batch reactor, in which the effluent is discharged when the wastewater has been adequately treated. In addition, in certain embodiments, the biological regeneration reactor 302 can be an aeration tank incorporating a combination of jet suspension or gas lift suspension, a quiescent zone and a wedge wire screen as is described in PCT application number PCT/US10/38644. The membrane operating system 304 in the low concentration wastewater treatment system 354 of the present invention operates in a similar manner as the membrane biological reactors described in PCT application number PCT/US10/38644 and in PCT Publication Number WO/09085252, however, operating at a very low flow rate. As biomass builds up in this system, it can be wasted in a manner similar to conventional membrane biological reactor systems, e.g., through a return activated sludge waste line 318. An adsorbent material waste line 316 is also provided. For instance, the adsorbent material can lose its adsorption capacity in conditions where the effluent subjected to upstream wastewater treatment contains inorganics or biologically inhibitory compounds that are not oxidized even with the substantially increased residence time using the low concentration wastewater treatment system of the present invention. Adsorbent material can be replaced in the system, e.g., using one or more of the adsorbent material input locations described in PCT Publication Number WO/09085252, or in another suitable location, or source 393.

[125] On a continuous or intermittent basis, a side stream including adsorbent material, and optionally mixed liquor to provide a liquid carrier for the adsorbent material that facilitates transfer (e.g., in the form of a slurry), is removed from the biological regeneration reactor 302 and passed to shearing zone 386. In the shearing zone 386, excess biomass is sheared from the outer surfaces of the adsorbent material, such that the

adsorption capacity of the adsorbent material in mixing zone 360 and/or the adsorbent material settling and liquid separation zone 370 is maximized. The shearing zone 386 can include one or more of a pump, a jet nozzle, an aerated grit chamber, a mechanical mixer, centrifugal devices such as a hydrocyclone or centrifuge, or other apparatus that facilitates collision to effectuate shearing and in certain embodiments promote separation of biomass from adsorbent material. The turbulence, inter-granule collisions, and collisions with other solid objects (stationary or moving) of the shearing zone and in certain embodiments, piping between the shearing zone and the biological regeneration reactor 302, can result in shearing of excess biomass from the outer surface of the adsorbent material and become free floating mixed liquor suspended solids including mixed liquor volatile suspended solids.

[126] In addition, the action of the fluid circulation, including high velocity liquid and/or gas contacting surfaces of the adsorbent material having excess biomass contributes to the desired shearing.

[127] In certain embodiments, the adsorbent material shearing zone 386 can comprise continuous regenerating system, for instance, having the configuration of a walnut shell filter or other similar unit operation, e.g., without the walnut shell media, for instance, of the type that is commercially available from Siemens Water Technologies. For instance, as the adsorbent material is passed through the continuous regenerating system such as a continuous backwash filter or a walnut shell filter, inter-granule collisions and collisions with other solid objects and/or surfaces in the continuous regenerating system causes shearing of excess biomass from the granules of adsorbent material.

[128] The slurry including sheared adsorbent material, free biomass sheared from the adsorbent material, and any mixed liquor is passed to an adsorbent material/biomass separation zone 387 to separate mixed liquor suspended solids biomass sheared from the adsorbent material from the more dense adsorbent material. The adsorbent material/biomass separation zone 387 can include one or more of a hydrocyclone separator, a centrifuge, a side stream off of the continuous regenerating system, or other device suitable to separate adsorbent material from the biomass.

[129] Note that in certain embodiments in which the biological regeneration reactor 302 includes jet nozzles or other apparatus that effectuates shearing within the biological regeneration reactor 302 as described in PCT application number PCT/US10/38644, shearing zone 386 can be eliminated or bypassed, whereby a side stream from the biological regeneration reactor 302 is passed directly to the adsorption/biomass separation zone 387.

[130] The separated adsorbent material from the adsorbent material/biomass separation zone 387 is passed to the mixing zone 360 via a line 389. The adsorbent material returned to the mixing zone 360 contains a reduced concentration of micro-organisms, and thus the organics in the low concentration wastewater can be adsorbed and exposed to the desired biology in the mixing zone 360 and in the adsorbent material settling and liquid separation zone 370, prior to passage into the biological regeneration reactor 302.

[131] Sheared biomass, which can include mixed liquid having mixed liquor suspended solids and mixed liquor volatile suspended solids, from the adsorbent material/biomass separation zone 387, is passed to the biological regeneration reactor 302 via a line 388.

[132] In alternative embodiments, mixed liquor from the adsorbent material/biomass separation zone 387 can be transferred downstream from the separation subsystem 322 of the biological regeneration reactor 302, for instance, combined with effluent 308, or passed directly into the membrane operating system. Notably, the separation requirements of separation subsystem 322 can be reduced or obviated in this alternative embodiment, as mixed liquor can be transferred without the need for further separation. In certain embodiments, a source of mixed liquor for the membrane operating system 304 (or clarifier/settling tank 395 described in connection with FIG. 3) can be the liquid effluent from the adsorbent material/biomass separation zone 387.

[133] In certain preferred embodiments, in order to facilitate settling of the adsorbent material in the adsorbent material settling and liquid separation zone 370, granular activated carbon having relatively high specific gravity levels is employed. For instance, granular activated carbon having a specific gravity greater than 1.10 can be used. In further embodiments, granular activated carbon having a specific gravity greater than

1.40 can be used. Since the flow rate of the mixture containing granular activated carbon is relatively low, and the biological regeneration reactor 302 and membrane operating system 304 are relatively small, the higher energy requirements to maintain the denser adsorbent material in suspension for a period of time sufficient to cause the desired level of biology within the biological regeneration reactor 302 are not a significant factor in the overall energy requirements of operating the system.

[134] Certain low concentration wastewater influents can include inorganic compounds not capable of being degraded by the microorganisms. The levels of these inorganics must typically be reduced to within mandated regulatory requirements. The adsorbent material can be modified with a treatment process and/or species thereby providing an affinity to certain chemical species and/or metals in the wastewater, for instance, by impregnating suitable compounds, as further described in PCT application number PCT/US10/38644. As the micro-organisms in the low concentration wastewater treatment system of the present invention cannot remove these inorganic compounds as effectively as they can remove organic compounds, systems using adsorbent material to adsorb inorganic contaminants generally require more frequent replacement of adsorbent material as compared to systems treating only organic compounds. The spent adsorbent material is removed from the system as it approaches the adsorption limit for each compound to be removed from the low concentration wastewater. For instance, sampling and analysis or online monitoring can be performed periodically or continuously to determine the organic or inorganic concentration from the low concentration wastewater treatment system of the present invention, as the adsorption capacity of granular activated carbon for various compounds is inversely related to the waste concentrations in effluent 371.

[135] In an additional embodiment in which a tertiary treatment system 390 is employed and includes a conventional adsorbent material filtration system, contaminated adsorbent material from system 390 can be regenerated and/or reactivated using the adsorbent material biological regeneration reactor system 399, as indicated by line 394 between the tertiary treatment system 390 and the biological regeneration reactor 302. Certain

existing granular activated carbon adsorbent filter systems use staged adsorption, in which fresh granular activated carbon is added in the final downstream filter, and the partially loaded granular activated carbon is used in the upstream filter(s). In embodiments of the present invention in which contaminated adsorbent material from system 390 is regenerated and/or reactivated using the adsorbent material biological regeneration reactor system 399, the partially loaded granular activated carbon is transferred to the biological regeneration reactor 302 for regeneration and reuse as all or a portion of the adsorbent material in the mixing zone 360. Although line 394 is shown as transferring partially loaded adsorbent material directly to the biological regeneration reactor 302, one of ordinary skill in the art, having the benefit of the teachings herein, will appreciate that this partially loaded adsorbent material can be introduced in the adsorbent material shearing zone 386, the adsorbent material/biomass separation zone 387, the source 393 of adsorbent material, the mixing zone 360, or the liquid separation zone 370.

[136] In some embodiments, one or more sensors can be included at locations throughout the system 350, including within the high flux adsorbent material treatment system 359 and the low flux adsorbent material biological regeneration reactor system 399. These sensors can be employed with a manually controlled and operated system or an automated control system to implement a suitable process modification in a programmable logic controlled wastewater treatment system. In one embodiment, system 350 (or the high flux adsorbent material treatment system 359 and the low flux adsorbent material biological regeneration reactor system 399) includes a controller 305 which can be any suitable programmed or dedicated computer system, PLC, or distributed control system. The concentration of certain organic and/or inorganic compounds can be monitored and measured by a sensor or sensors in fluid communication with effluent 312 or the effluent from outlet 308 of the biological regeneration reactor 302, as indicated by dash-dot line connections between the controller 305 and both the effluent line 312 and the intermediate effluent line between outlet 308 and inlet 310. In another embodiment, the concentration of volatile organic compounds or other property or characteristic of the

system can be measured at one or more of inlets 301, 351, or 310. In additional embodiments, concentration of certain organic and/or inorganic compounds can be monitored and measured by a sensor or sensors in fluid communication with effluent 371 of the adsorbent material settling and liquid separation zone 370, as indicated by dash-dot line connections between the controller 305 and the effluent line 371. Sensors known to those of ordinary skill in the art of process control apparatus can include those based on laser-induced fluorescence or any other sensor suitable for in situ real time monitoring of the concentration of organic or inorganic compounds in the effluent or other property or characteristic of the system. Sensors that can be used include submersible sensors for use in oil-in-water measurement which use UV fluorescence for detection, such as enviroFlu-HC sensors available from TriOS Optical Sensors (Oldenburg, Germany). The sensors can comprise lenses which are coated or otherwise treated to prevent or limit the amount of fouling or film that occurs on the lenses. When one or more sensors in the system generate a signal that the concentration of one or more organic and/or inorganic compounds exceeds a predetermined concentration, the control system can implement a responsive action such as a suitable feedback action or feedforward action, including but not limited to removing adsorbent material via waste discharge port 316 (as indicated by dotted line connections between the controller 305 and the valve associated with the waste discharge port 316); removing return activated sludge via a waste line 318 (as indicated by dotted line connections between the controller 305 and the valve associated with the waste discharge port 318); adding new or regenerated adsorbent material via adsorbent material source 393 or at one of the other locations (as indicated by dotted line connections between the controller 305 and the valve associated with the adsorbent material source 393); adding a different type of adsorbent material; modifying the hydraulic retention time; modifying the biological characteristics such as simple carbon food for micro-organisms or adding phosphorus, nitrogen and/or pH adjustment chemicals; and/or other modifications as described above or that will be apparent to those of ordinary skill in the art.

[137] In additional embodiments, the condition of the slurry containing adsorbent material can be characterized by one or more sensors (indicated in FIG. 3 with a shaded circle), such as optical sensors and/or UV fluorescence sensors. For instance, one or more sensors can be associated with the adsorbent material effluent stream 372, as indicated by dash-dot line connections between the controller 305 and the stream 372, to measure the concentration of one or more compounds in the stream and/or to determine the quality of the adsorbent material in the slurry. Further, one or more sensors can be associated with the adsorbent material effluent stream from the biological regeneration reactor, as indicated by dash-dot line connections between the controller 305 and the line between the biological regeneration reactor and the adsorbent material shearing zone 386, and/or one or more sensors can be associated with the adsorbent material recycle line 389, as indicated by dash-dot line connections between the controller 305 and the recycle line 389. In the event that it is determined, based on information from one or more of these sensors and/or other sensors or source of information, that the adsorbent material has a reduced adsorptive capacity, appropriate feedback or feedforward action can be actioned.

[138] Referring now to FIG. 4, a low concentration wastewater treatment system 454 similar to system 354 shown in FIG. 3 is schematically illustrated. In system 454, an adsorbent material settling and liquid separation zone 470 is provided, which can be one or more centrifuges, hydrocyclones, clarifiers, filters of various types, or other suitable separation devices. The adsorbent material settling and liquid separation zone 470 separates the liquid from the mixed stream 461, containing low concentration wastewater and adsorbent material from the mixing zone 460.

[139] In certain embodiments of the system 454, flow rates within the high flux adsorbent material system 459 are controlled to provide sufficient residence time to allow the requisite level of contaminants from the stream 451 to adsorb onto the adsorbent material such as granular activated carbon, and discharge a stream 471 meeting mandated quality levels for effluent discharge, or at levels of contamination sufficiently low to be conveniently treated in a supplemental tertiary treatment system 490. Other aspects of the low concentration wastewater treatment system 454 are substantially the same as

those described with respect to system 354, and similar reference numbers are used in FIG. 4 to represent similar or equivalent components.

[140] Referring now to FIG. 5, a low concentration wastewater treatment system 554 is schematically illustrated similar to system 454 shown in FIG. 4, wherein a low flux adsorbent material biological regeneration reactor system 599 includes a biological reactor system other than a membrane operating system. In particular, the low flux adsorbent material biological regeneration reactor regeneration system 599 includes a biological regeneration reactor 502, an adsorbent material shearing zone 586, adsorbent material/biomass separation zone 587, and a clarifier/settling apparatus 595 as a solids separation apparatus. The clarifier/settling apparatus 595 can be either a clarifier apparatus, a settling apparatus, or an apparatus that performs both clarification and settling. The system operates in a manner similar to system 354, but without the membrane operating system 304. Rather, to remove biomass and any other solids in the mixed liquor, a clarifier/settling apparatus 595 is used. In particular, clarifier/settling apparatus 595 allows activated sludge to settle, and it is returned to the biological reactor 502 via a return activated sludge line 514. Clarified liquid is passed as effluent 512. The clarifier/settling tank 595 can be substituted in any of the systems described with reference to FIGs. 3, 4 and/or 6. Other aspects of the low concentration wastewater treatment system 554 are substantially the same as those described in connection with system 354, and similar reference numbers are used in FIG. 5 to represent similar or equivalent components.

[141] Referring now to FIG. 6, a low concentration wastewater treatment system 654 is schematically illustrated that is similar to system 354 shown in FIG. 3, in which a high flux adsorbent material system 659 is an integrated mixing/settling unit operation. For instance, in certain embodiments, the high flux adsorbent material system 659 can include a continuous backwash filter or a continuous regenerating filtration system similar to a continuous regenerating walnut shell filter (without the walnut shell media), for instance, of the type that is commercially available from Siemens Water Technologies. Adsorbent material is removed as effluent 672, and the effluent 671 is wastewater that

has had contaminants adsorbed therefrom. In certain embodiments, the continuous regenerating system also can perform stripping functions, in combination with, or as an alternative to, an adsorbent material shearing zone 686, and adsorbent material/biomass separation zone 687. Note that in such embodiments, an adsorbent material/biomass separation zone is provided downstream from the continuous backwash high flux adsorbent material system 659. In an additional embodiment, high flux adsorbent material system 659 includes an adsorbent material filtration apparatus such as a conventional tertiary carbon filter, in which treated water is discharged as stream 671, and the partially loaded adsorbent material 672, instead of being treated with conventional hot air or steam regeneration, for instance, is regenerated using the system 699 for biologically treating adsorbed contaminants, which operates in a manner similar to that described with respect to FIG. 3, and regenerated adsorbent material 688 is introduced into the tertiary carbon filter included in the high flux adsorbent material system 659. Other aspects of the low concentration wastewater treatment system 654 are substantially the same as those described in connection with system 354, and similar reference numbers are used in FIG. 6 to represent similar or equivalent components.

[142] In additional embodiments of the present invention, the source of wastewater treated by the a high flux adsorbent material treatment system integrated with a low flux adsorbent material biological regeneration reactor according to the present invention can be from a system that treats primary solids including a portion of the BOD₅ compounds by irradiation. In particular, and referring to FIG. 7, a system 700 is shown for treating an influent wastewater stream 701 containing suspended organic solids, dissolved organic solids, and optionally, other contaminants such as inorganics. The influent wastewater stream 701 is introduced into a primary separation system 753, such as a settling zone that allows biological solids to settle, a clarifier, a centrifuge, filter, screen, belt press, vortex separators, flotation devices, or other solids removal systems. In the primary separation system 753, solids and a portion of the easy to degrade biological oxygen demand compounds (BOD₅) materials are separated from the wastewater stream.

[143] A typical primary treatment system is usually capable of reducing the BOD₅ concentration by about 40% to about 50%, and reducing the total suspended solids concentration by about 60% to about 70%. The solids removed in this step are usually the larger more slowly biodegradable suspended solids and the effluent is typically a mixture of the more volatile, easier-to-treat compounds present in the sanitary wastewater. Additional unit operations can also be used to provide a greater removal efficiency of the undissolved contaminants in the raw wastewater. For instance, one or more centrifuge devices, settling devices, or floatation devices (e.g., dissolved air, induced air flotation) can be used. In further embodiments, additional unit operations can include addition of appropriate chemical compounds to treat to remove at least a portion of the less dense solids present in the raw wastewater.

[144] In certain embodiments, a water phase, typically including dissolved contaminants and a minority portion of suspended solids, can be discharged as a wastewater effluent containing some level of biologically labile compounds or a low concentration wastewater effluent 751, and then treated downstream by a wastewater treatment system 754, which operates, for example, in a manner similar to one or more of systems 354, 454, 554 or 654 described previously. An effluent 712 is discharged that is generally suitable for recycling as process water, irrigation, or environmentally friendly discharge. Untreated biological solids are separated from the primary treatment system 753 as a solid effluent stream 774, typically containing entrained liquids, and are passed, e.g., using a sewage trash pump or progressive cavity pump (not shown) suitable for handling of solid-laden liquids and slurries to a homogenization zone 775, in which the solids are homogenized by a suitable mechanical apparatus such as one or more grinders and/or shredders. The homogenization zone 775 ensures that no compact lumps of solids are introduced into the downstream irradiation / disinfection zone 777, thereby ensuring a maximum level of disinfection.

[145] The untreated homogenized solids 776, generally in a slurry form, are pumped to an irradiation / disinfection zone 777, in which the solids are disinfected using beta-ray, gamma-ray, x-ray or electron beam radiation, for instance, to achieve United States

Environmental Protection Agency Class A or B bio-solid disinfection requirements, or mandated sludge disinfection requirements of other jurisdictions. The disinfected solids 778 can thus be disposed of in an environmentally friendly manner.

[146] FIG. 8 shows another embodiment of a wastewater treatment system including irradiation of primary solids that are mixed with an inert material to allow it to be reused as a soil substitute or for other uses. In particular, a system 800 is similar to system 700, with the additional operation of a mixing zone 763, in which disinfected solids 778 are mixed with an inert filler material 762, such as sand, clay, and/or another suitable filler material, to produce a product 764, which can be useful as soil, compost, or fertilizer. The system 800 including providing the product 764 is particularly desirable for treating wastewater having solids not having toxic organic or inorganic compounds.

[147] Optionally, a dewatering zone can be provided in the system 700 or 800. However, in system 800, excess water can be absorbed by sand or other inert material mixed with the disinfected primary solids.

[148] In certain embodiments, the influent wastewater 701 includes a high concentration of metals, other inorganics, or toxic organics. Accordingly, even when disinfected to suitable levels, a mixture of the disinfected bio-solids and filler material is not amenable as a soil, compost or fertilizer product. However, substantial capital cost, energy and size benefits can be attained, even in embodiments in which disinfected materials are disposed of in landfills, for instance, after drying and/or mixing with a suitable inert material.

[149] In certain embodiments of the present invention, a system is configured as a portable system, e.g., mounted on a skid, truck body, trailer, or the like. Portability allows the tertiary treatment system to be manufactured and delivered as a turnkey system. A portable or skid-mounted system will also facilitate the provision of the tertiary system on an as-needed basis, for instance, in situations in which other tertiary treatment systems are in service, under repair or being constructed. Further, certain facilities that are processing chemicals for a short period of time and create a particularly hard-to-treat wastewater stream can benefit from a portable or skid-mounted system

according to the present invention. Pipe fittings can be provided that are adapted for mating with standard fittings and ports in existing wastewater treatment plants for ease and rapid installation of the system of the invention.

[150] The system and method of the present invention avoids the problems of the prior art related to treating low concentration wastewater by passing wastewater that has already been subjected to secondary treatment, e.g., effluent from a secondary system, through an adsorbent material mixing zone, wherein adsorbent material and secondary effluent are intimately mixed. Note that the secondary effluent, at the point of passage to the adsorbent material mixing zone, has had substantially all solids and thus the majority of the high BOD₅ components removed. Thus, the secondary effluent is not amenable to biological oxidation from a traditional treatment biological system as the wastewater is too low in strength, contains biologically refractory compounds, contains biologically inhibitory compounds, contains inorganic compounds, or a combination of these, which either cannot be oxidized biologically, or requires a much longer residence time than is typically available to biological oxidation. Typically a more energy intensive tertiary system such as granular activated carbon adsorption filters or another tertiary treatment system is used to polish this stream that is no longer treatable by a normal biological oxidation.

[151] The low concentration wastewater treatment system of the present invention allows the contaminants to concentrate onto the carbon and provides for treatment of low strength wastewater or a wastewater with biologically-difficult to treat compounds, including bio-inhibitory and/or biologically refractory compounds. In addition, inorganic compounds present in the low concentration wastewater can be adsorbed.

[152] The low concentration wastewater treatment system of the present invention is a lower cost alternative to the methods currently being used as it utilizes biological oxidation - typically the lowest cost removal technology available for treating wastewater. Activated carbon adsorption columns are typically very expensive to operate and require a very energy intensive process to regenerate carbon, typically based on incineration to regenerate the granular activated carbon. Deployment of the tertiary treatment system of

the present invention as a replacement or a supplement to an activated carbon column can produce a considerable energy savings. As a result, carbon credits for carbon dioxide reduction associated with the decreased energy consumption can be earned.

[153] Volumetric capacity requirements for the various operations within the low concentration wastewater treatment system of the present invention can be significantly less than a conventional membrane biological reactor used to treat the same volume of wastewater and is significantly smaller than a conventional sewage treatment system not utilizing membranes.

[154] The use of the low concentration wastewater treatment system of the present invention allows for treatment of a relatively low strength wastewater, essentially only the dissolved contaminants and a small amount of entrained solids in the wastewater, and still results in an effluent having very low concentrations of hard-to-treat (refractory compounds) or simple organic compounds that were originally present in the wastewater. It is noted that certain preferred embodiments are described in conjunction with treatment of low concentration wastewater, and are referred to as "low concentration wastewater treatment systems." Nonetheless, as will be appreciated by one having ordinary skill in the art, having the benefit of the present disclosure, the wastewater treatment system of the present invention can advantageously be employed to treat wastewater having some level of biologically labile compounds as well as compounds entirely resistant to bio-decomposition, biologically inhibitory compounds, and/or biologically refractory compounds, or a combination of these. For instance, dissolved biologically labile compounds can be adsorbed on the adsorbent material along with compounds entirely resistant to bio-decomposition, biologically inhibitory compounds, and/or biologically refractory compounds, or a combination of these, and passed to the adsorbent material biological regeneration reactor system described herein. The biologically labile compounds can serve as food alone or in combination with a secondary nutrient source to support the micro-organisms.

[155] Useful adsorbent materials for the present invention include various types of carbons, such as activated carbon. In particular, granular activated carbons are very

effective, since the size range and densities of the granules can be selected to enable their retention in a predetermined portion of the system and thereby substantially prevent them from fouling and/or abrading the membranes.

[156] In systems in which the granular activated carbon is not subjected to significant shearing forces and/or inter-granule collision, the granular activated carbon can be produced from wood, coconut, bagasse, sawdust, peat, pulp-mill waste, or other cellulose-based materials. One suitable example is MeadWestvaco Nuchar® WV B having nominal mesh sizes of 14 x 35 (based on the U.S. Standard Sieve Series).

[157] In additional embodiments, particularly those in which shearing action is provided by turbulence and/or inter-granule collisions in a pump and/or jet nozzle, use of adsorbent material(s) having higher hardness values are desirable. For instance, granular activated carbons derived from bitumen or coal-based materials are effective. In a particular embodiment, the granular activated carbon is derived from lignite.

[158] Carbon materials can also be provided which are modified with a treatment process and/or species thereby providing an affinity to certain chemical species and/or metals in the wastewater. For instance, in wastewaters having a relatively high level of mercury, at least a portion of the adsorbent material preferably includes granular activated carbon impregnated with potassium iodide or sulfur. Other treatments and/or impregnated species can be provided to target specific metals, other inorganic compounds and/or organic compounds.

[159] In addition, the adsorbent can be a material other than activated carbon. For instance, iron-based compounds or synthetic resins can be used as the adsorbent materials, alone or in combination with other adsorbent materials, e.g., in combination with granular activated carbon. Further, treated adsorbent materials other than activated carbon that target certain metals, other inorganic compounds or organic compounds can be used. For instance, in wastewaters having relatively high levels of iron and/or manganese, at least a portion of the adsorbent can comprise a granular manganese dioxide filtering media. In wastewaters having arsenic, at least a portion of the adsorbent can comprise granular iron

oxide composites. In wastewaters including lead or heavy metals, at least a portion of the adsorbent can include granular alumino-silicate composites.

[160] In one embodiment, the adsorbent material can be selected based upon a desired specific gravity range. In order to maintain the adsorbent material in suspension within acceptable energy consumption/cost ranges, specific gravity ranges relatively close to that of the wastewater are desirable. On the other hand, in embodiments in which separation is based at least in part on rapid settling of the material, higher specific gravities are more suitable. In general, the specific gravity is preferably greater than about 1.05 in water at 20°C. In certain embodiments, the specific gravity is greater than about 1.10 in water at 20°C. A suitable upper limit for the specific gravity is, in certain embodiments, about 2.65 in water at 20°C.

[161] Therefore, the adsorbent material having a specific gravity range is selected which provides sufficient suspension and therefore sufficient contact with the wastewater and its contaminants. In addition, in certain embodiments, the specific gravity range provides sufficient settling characteristics for subsequent removal of the adsorbent material from the wastewater. In further embodiments, selection of the specific gravity of the adsorbent material is based on minimization of the energy required to maintain the adsorbent material in suspension.

[162] Furthermore, the desired adsorbent material, such as granular activated carbon, has a hardness level that minimizes creation of fines and other particulates due to inter-granule collisions and other process effects.

[163] The size of the adsorbent material that the separation subsystem is designed to retain and thereby prevent its passage into the membrane operating system is optimized to minimize the amount of adsorbent material and fines entering the membrane operating system. Therefore, in embodiments in which the solids separation apparatus is a membrane operating system, abrasion and fouling caused by carbon granules or other granular materials impinging on the membranes is minimized, while still providing the operational advantages associated with the use of adsorbent materials including activated carbon.

[164] Suitable granule sizes for the adsorbent material are selected to complement the selected screening/separation methods, and the needs of the particular wastewater being treated. In certain preferred embodiments, the bottom limit of effective granule size of the adsorbent material is selected so that it can easily be separated from the flow of mixed liquor entering the membrane operating system tank(s) in which the membranes are located. In general, the effective granule size of the adsorbent material has a bottom limit of about 0.3 millimeters, where greater than about 99.5 weight % of the adsorbent material is above the bottom limit; preferably having a lower limit of about 0.3 millimeters to an upper limit of about 2.4 millimeters (corresponding to a mesh size 50 to a mesh size 8, based on United States Standard Sieve Series), where greater than 99.5 weight % of the adsorbent material is within the lower and upper limit; and in certain preferred embodiments about 0.3 millimeters to about 1.4 millimeters (corresponding to a mesh size 50 to a mesh size 14, based on the United States Standard Sieve Series) where greater than about 99.5 weight % of the adsorbent material is within the lower and upper limit. It has been demonstrated that a granular activated carbon with a minimum effective granule size of about 0.5 millimeters to about 0.6 millimeters can be easily and efficiently screened from the mixed liquor with a suitable separation system, and such effective sizes, in granular activated carbon of suitable densities, also can economically be maintained in suspension.

[165] The use of adsorbent material to adsorb the compounds entirely resistant to biodecomposition, biologically inhibitory compounds, and/or biologically refractory compounds, or a combination of these, allows the process to handle a much higher flow rate of wastewater than conventional systems, as the organisms that are biologically decomposing the organic compounds would not be limited by the hydraulic residence time of conventional systems. The biologically inhibitory compounds and/or certain biologically refractory compounds remain on the adsorbent material for an extended period of time, and thus the micro-organisms have many times the hydraulic residence time to break them down. This allows a significantly smaller unit to treat the wastewater stream than would be required without the addition of adsorbent material.

[166] The use of the low concentration wastewater treatment system of the present invention rather than a conventional system or a conventional system with addition of powdered activated carbon eliminates problems associated with settling of solids that would occur in a high flow rate conventional system that does not use a membrane for solids separation from the effluent.

[167] The low concentration wastewater treatment system of the present invention can be modified to treat specific contaminants that might be present in any particular wastewater by using an adsorbent material that has been specially treated to selectively adsorb the particular contaminant of concern. For example, a granular activated carbon or other adsorbent material that has been specially treated to adsorb metals can be used for wastewaters that have high concentrations of metals. The dissolved metals can preferentially adsorb onto the treated granular activated carbon and then be removed from the effluent. A periodic replacement of the adsorbent material allows the metals to be removed from the system and maintain a desired level of adsorptive capacity.

[168] The invention provides a low cost alternative to permanent installations of high cost activated carbon adsorption columns or any of a number of other tertiary treatment systems that are expensive to operate. In addition, the present invention provides a simpler, smaller footprint, lower operating cost wastewater treatment system that can be set up and operated in a very short period of time and if necessary, can be configured as a portable system/apparatus. It can be deployed for periods of upset conditions or during events when a wastewater treatment plant is required to treat wastes that it was not normally capable of treating.

[169] The system and method of the present invention avoids the treatment of the entire effluent stream in an expensive tertiary treatment system. It adsorbs the contaminants from the low concentration wastewater and treats them in a high flux adsorbent material treatment system integrated with a low flux adsorbent material biological regeneration reactor.

[170] Previously developed tertiary systems attempt to treat the effluent from existing wastewater treatment plants having low concentrations of contaminants with an

expensive activated carbon adsorption system or some other expensive tertiary treatment system. In all of these, the entire wastewater stream is treated with the tertiary treatment method. The system and method of the present invention removes pollutants from the full wastewater stream by adsorption, and then treats the adsorbent material in a low flux biological regeneration system that is relatively inexpensive to operate.

[171] The method and system of the present invention have been described above and in the attached drawings; however, modifications will be apparent to those of ordinary skill in the art and the scope of protection for the invention is to be defined by the claims that follow.

Claims:

1. A method for treating wastewater comprising:
 - mixing wastewater with adsorbent material in a mixing zone for a time sufficient for adsorption of contaminants from the wastewater onto the adsorbent material;
 - separating and removing a major portion of the wastewater from the mixture of wastewater and adsorbent material;
 - passing the adsorbent material having contaminants adsorbed thereon and a minor portion of the wastewater to a biological regeneration reactor;
 - retaining the adsorbent material and wastewater in suspension in the biological regeneration reactor for a period of time that is sufficient to allow microorganisms in the biological regeneration reactor to biologically act on at least a portion of the adsorbed contaminants;
 - discharging biologically treated water effluent from the biological regeneration reactor; and
 - recycling regenerated adsorbent material to the mixing zone.
2. The method of claim 1, wherein the wastewater comprises low concentration wastewater that is an effluent subjected to an upstream wastewater treatment process.
3. The method of claim 1, wherein the wastewater is a low concentration wastewater that has a concentration of contaminants that is lower than an influent feed concentration that is required to support biological activity in a conventional biological reactor.
4. The method of claim 1, further comprising removing solids from the biological regeneration reactor water effluent.
5. The method of claim 4, wherein the solids are removed using a membrane operating system.

6. The method of claim 4, wherein the solids are removed using a clarifier and/or a settler.
7. The method of claim 1, which further comprises shearing any accumulated biomass from the adsorbent material prior to recycling to the mixing zone.
8. The method of claim 7, further comprising separating the biomass from the adsorbent material prior to recycling the adsorbent material to the mixing zone.
9. A system for treatment of wastewater comprising:
 - a mixing zone including
 - a wastewater inlet,
 - an adsorbent material inlet and
 - a discharge outlet;
 - an adsorbent material settling and liquid separation zone including
 - a slurry inlet in communication with the discharge outlet of the mixing zone,
 - a treated water outlet, and
 - a contaminated adsorbent material outlet;
 - an adsorbent material biological regeneration reactor system including
 - a biological regeneration reactor including a contaminated adsorbent material inlet in communication with the contaminated adsorbent material outlet of the adsorbent material settling and liquid separation zone,
 - a biologically treated water outlet, and
 - a regenerated adsorbent material outlet in communication with the adsorbent material inlet of the mixing zone.
10. The system of claim 9, further comprising a solids separation apparatus in communication with the biologically treated water outlet.

11. The system of claim 10, wherein the solids separation apparatus is a membrane operating system.
12. The system of claim 10, wherein the solids separation apparatus is a clarifier and/or a settler.
13. The system of claim 9, further comprising a shearing zone including an inlet in communication with the regenerated adsorbent material outlet and an outlet in communication with the adsorbent material inlet of the mixing zone.
14. The system of claim 13, further comprising an adsorbent material/biomass separation zone including an inlet in communication with the outlet of the shearing zone and an outlet in communication with the adsorbent material inlet of the mixing zone.
15. The system of claim 9, further comprising an apparatus for shearing and separating biomass from adsorbent material including an inlet in communication with the regenerated adsorbent material outlet and an outlet in communication with the adsorbent material inlet of the mixing zone.
16. The system of claim 9, wherein the biological regeneration reactor is constructed and arranged for shearing and separating biomass from adsorbent material.
17. The system of claim 9, further comprising an upstream wastewater treatment system that discharges a low concentration wastewater, and wherein the wastewater inlet of the mixing zone is a low concentration wastewater inlet.
18. A wastewater treatment system comprising:
a high flux adsorption system including

an inlet for receiving wastewater,
a source of adsorbent material for contacting the wastewater and adsorbing contaminants from the wastewater,
a liquid outlet for discharging a major portion of the received wastewater that has been contacted by the adsorbent material, and
an adsorbent material outlet for discharging adsorbent material having adsorbed contaminants and a minor portion of the received wastewater; and
a low flux adsorbent material biological regeneration reactor system for maintaining the adsorbent material having adsorbed contaminants in suspension for a period of time that is sufficient to allow microorganisms to digest adsorbed organic contaminants, the low flux adsorbent material biological regeneration reactor system including

a biological regeneration reactor having
an inlet for receiving adsorbent material with adsorbed contaminants from the adsorbent material outlet of the high flux adsorption system,
a mixed liquor outlet, and
an adsorbent material outlet in communication with the source of adsorbent material of the high flux adsorption system.

19. The system of claim 18 in which the low flux adsorbent material biological regeneration reactor system further comprises:

a shearing apparatus for shearing excess accumulated biomass from adsorbent material, the shearing apparatus being positioned within the biological regeneration reactor and/or separate from the biological regeneration reactor and connected to the adsorbent material outlet for receiving adsorbent material from the biological regeneration reactor;
an adsorbent material/biomass separation zone for separating free biomass from a mixture of adsorbent material and free biomass;

an adsorbent material conduit for passing separated adsorbent material from the adsorbent material/biomass separation zone to the high flux adsorption system; and

a biomass conduit for passing separated biomass from the adsorbent material/biomass separation zone to the biological regeneration reactor or a location downstream of the biological regeneration reactor.

20. The system of claim 18 in which the low flux adsorbent material biological regeneration reactor system further comprises:

a combined apparatus for shearing and separating accumulated biomass from adsorbent material being positioned within the biological regeneration reactor and/or separate from the biological regeneration reactor and connected to the adsorbent material outlet for receiving adsorbent material from the biological regeneration reactor, and having an outlet for discharging separated adsorbent material and an outlet for discharging free biomass;

an adsorbent material conduit in communication with the adsorbent material outlet of the combined apparatus for returning adsorbent material to the high flux adsorption system; and

a biomass conduit in communication with the biomass outlet of the combined apparatus for passing separated biomass to the biological regeneration reactor or a location downstream of the biological regeneration reactor.

21. The system of claim 18, wherein the low flux adsorbent material biological regeneration reactor system further comprises a membrane operating system in fluid communication with the mixed liquor outlet of the biological regeneration reactor.

22. The system of claim 18, wherein the low flux adsorbent material biological regeneration reactor system further comprises a clarifier and/or a settler in fluid communication with the mixed liquor outlet of the biological regeneration reactor.

23. The system of claim 18, wherein the high flux adsorption system includes a mixing zone and a settling zone.
24. The system of claim 18, wherein the high flux adsorption system includes an adsorbent material filtration apparatus.
25. The system of claim 18, wherein the high flux adsorption system includes a continuous backwash filter.
26. The system of claim 18, wherein the high flux adsorption system includes a continuous regenerating filtration system or a continuous regenerating walnut shell filter.
27. The system of claim 18, further comprising an upstream wastewater treatment system that discharges a low concentration wastewater, and wherein the wastewater inlet of the mixing zone is a low concentration wastewater inlet.
28. The system of claim 18, further comprising
a sensor constructed and arranged to measure a parameter of the system; and
a controller in electronic communication with the sensor programmed to instruct performance of an act based on the measured parameter of the system.
29. The wastewater treatment system of claim 28, wherein the measured parameter is the concentration of one or more predetermined compounds.
30. The wastewater treatment system of claim 28, wherein the act comprises removing at least a portion of the adsorbent material from the biological regeneration reactor.

31. The wastewater treatment system of claim 28, wherein the act comprise adding adsorbent material to the biological regeneration reactor.

INGLES
RESUMEN

ABSTRACT

A low concentration wastewater treatment system is provided that includes a high flux adsorbent material treatment system integrated with a low flux adsorbent material biological regeneration reactor. The high flux adsorbent material treatment system includes one or more unit operations for mixing low concentration wastewater with adsorbent material that is fresh, recycled, or a combination of both, and for decanting a liquid effluent having a reduced level of contaminants. The adsorbent material with adsorbed contaminants is regenerated in a low flux adsorbent material biological regeneration reactor in which a biological reaction occurs, such as biological oxidation, wherein organic contaminants in the wastewater are metabolized generally into carbon dioxide and water. Excess biomass is removed from the adsorbent material, and the thus-regenerated adsorbent material is recycled to the high flux adsorbent material treatment system.

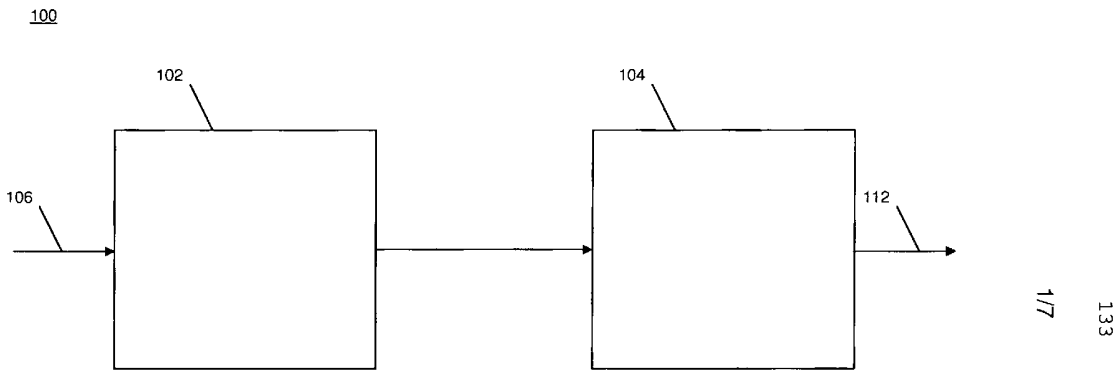


FIG. 1

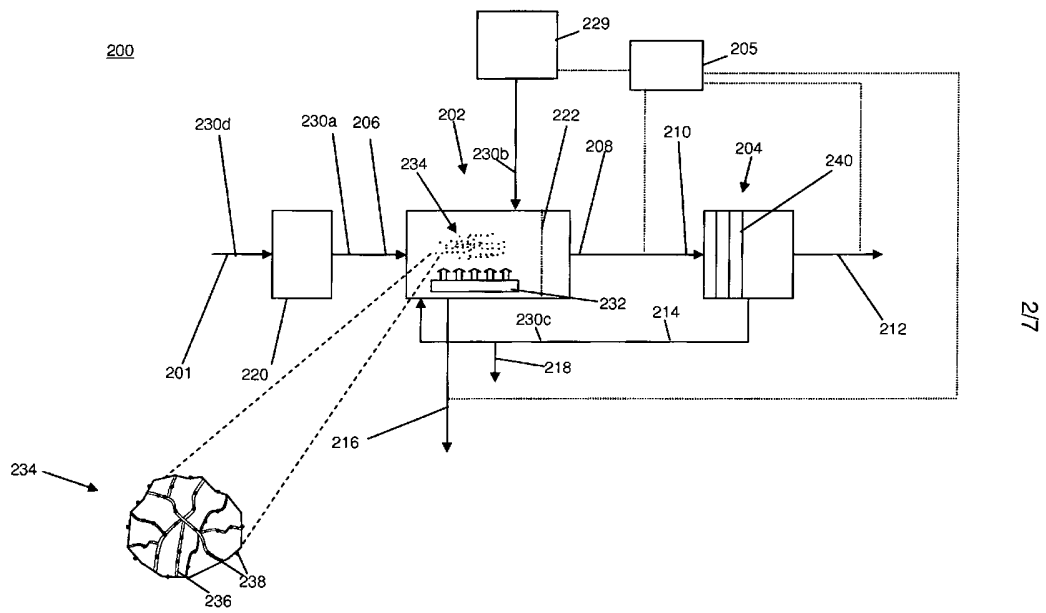
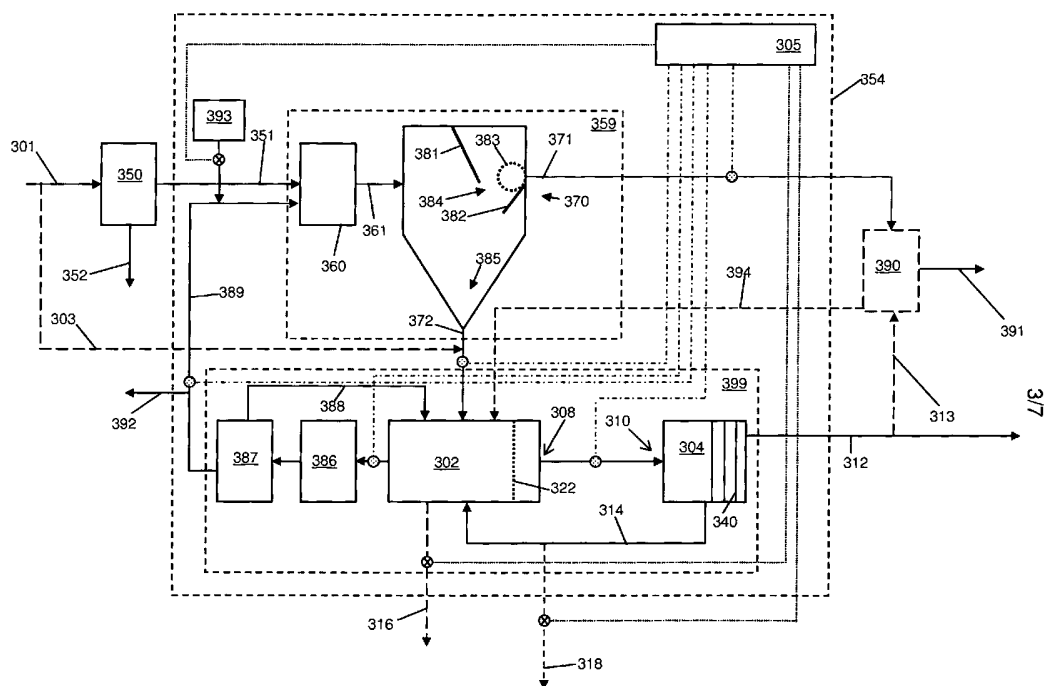


FIG. 2



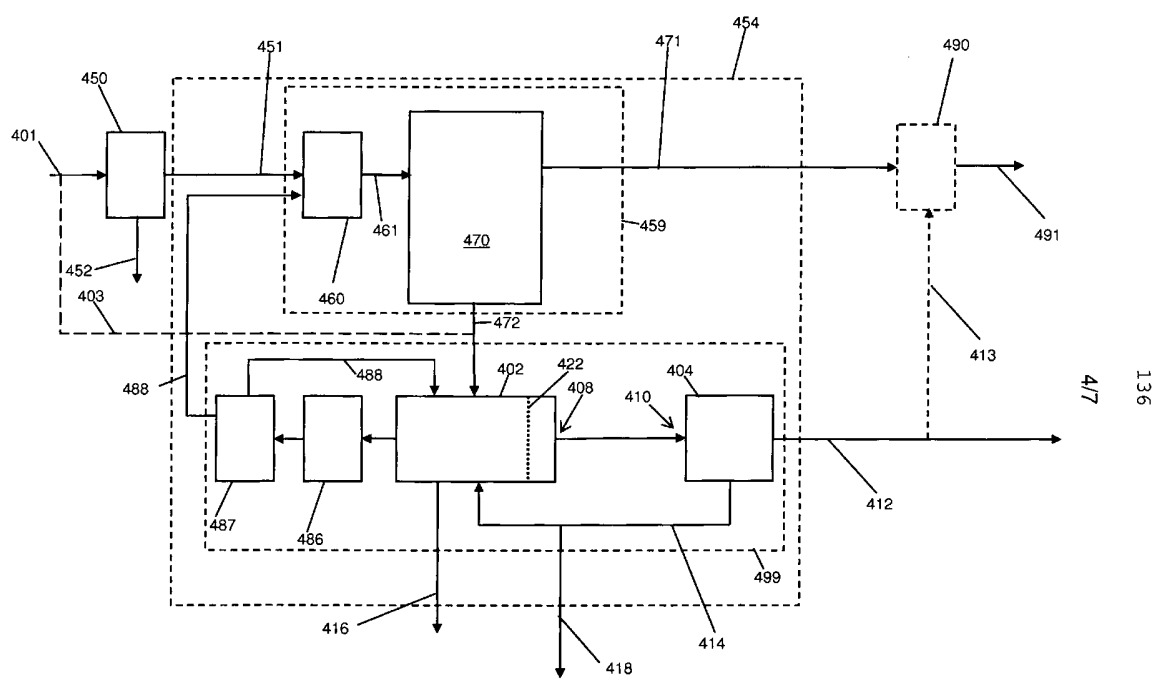


FIG. 4

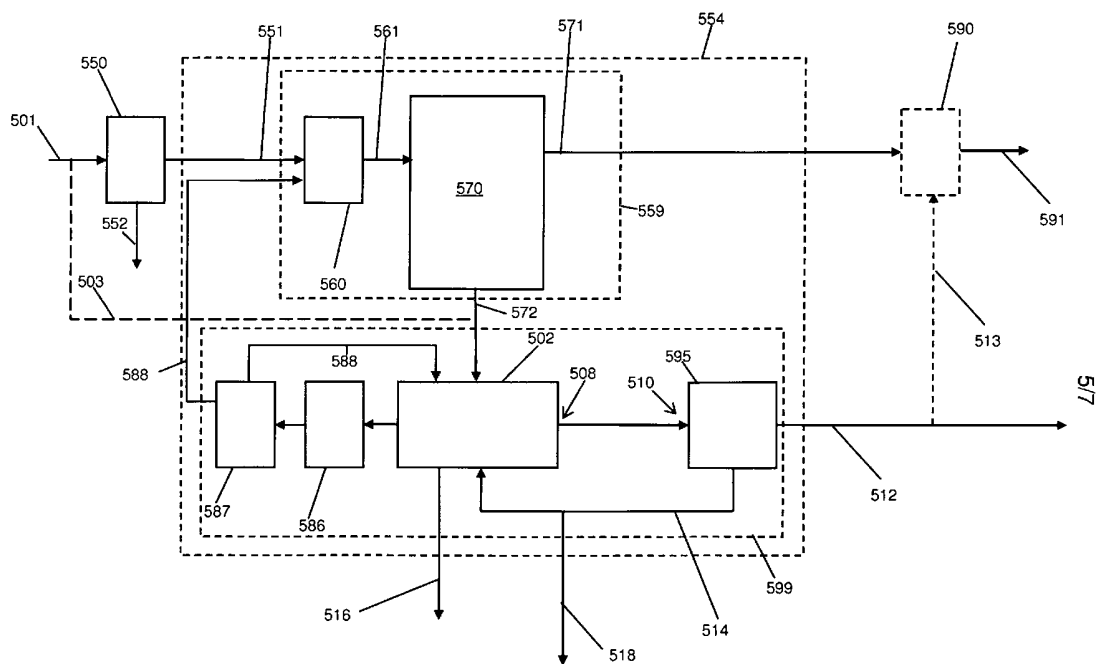


FIG. 5

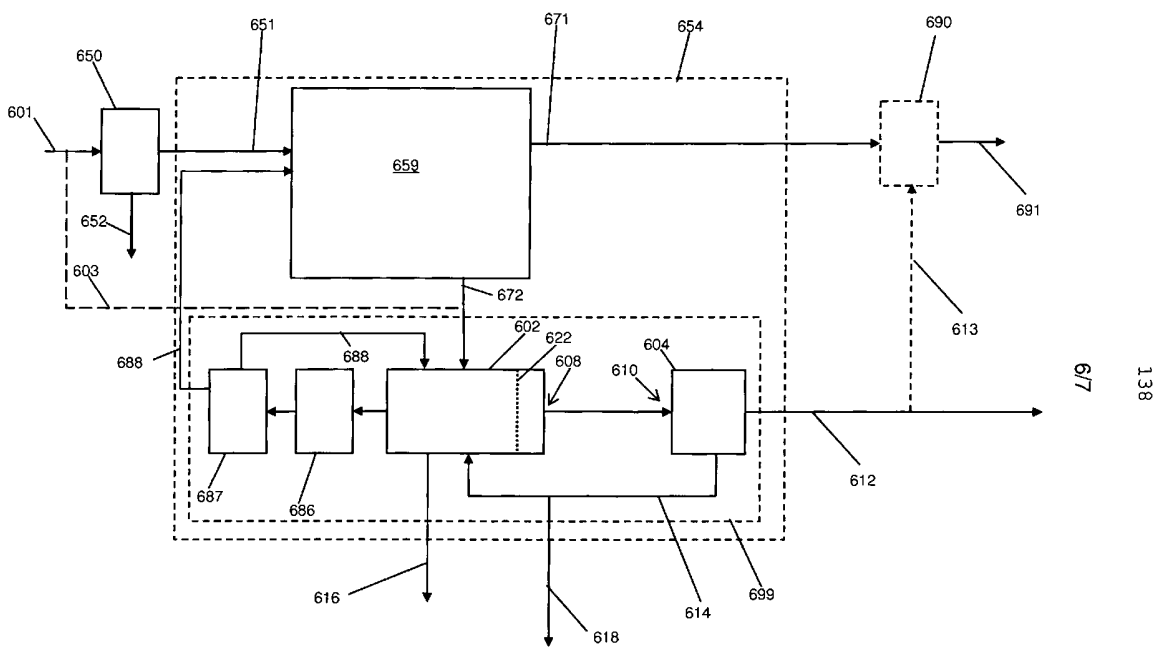
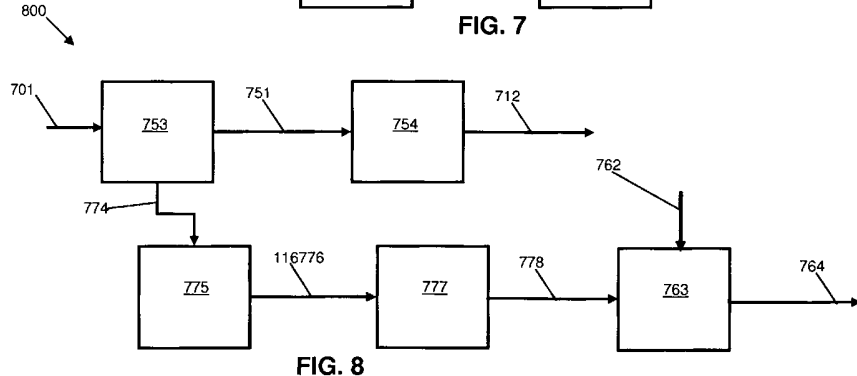
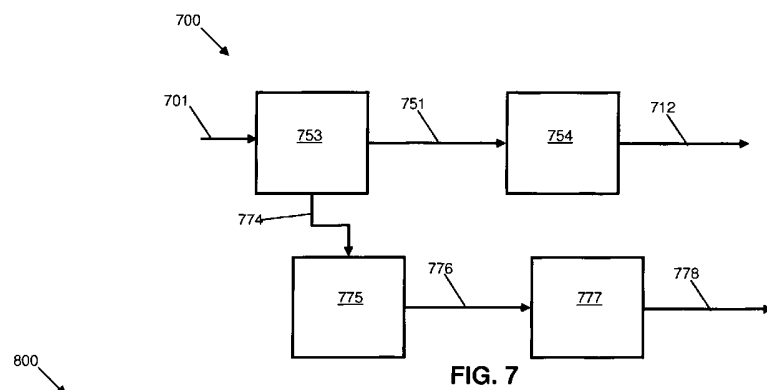


FIG. 6



777

REIVINDICACIONES

Habiéndose descrito la invención como antecede, se reclama como propiedad lo contenido en las siguientes reivindicaciones

5

1. Un método para tratar el agua residual caracterizado porque comprende:

mezclar agua residual que comprende contaminantes con el material adsorbente en una zona de mezclado por un
10 tiempo suficiente para la adsorción de contaminantes del agua residual sobre el material adsorbente para producir una mezcla de material adsorbente y agua residual que tiene contaminantes absorbidos en este;

separar y remover una porción principal del agua
15 residual de la mezcla de agua residual y material adsorbente que tiene contaminantes absorbidos en este;

pasar el material adsorbente que tiene contaminantes absorbidos en el mismo y una porción menor del agua residual a un reactor de regeneración biológico que
20 contiene microorganismos;

mantener el material adsorbente que tiene contaminantes absorbidos en este y la porción menor del agua residual tratada en suspensión en el reactor de regeneración biológico por un periodo de tiempo que es suficiente para
25 permitir los microorganismos en el reactor de regeneración biológico para actuar biológicamente en al menos una porción de los contaminantes en el material adsorbente para producir un material adsorbente regenerado y un efluente de agua tratado biológicamente;

30 descartar el efluente de agua tratado biológicamente del reactor de regeneración biológico; y

reciclar el material adsorbente regenerado a la zona de mezclado.

2. El método de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque el agua residual comprende agua residual de baja concentración que es un efluente de un proceso de tratamiento de agua residual corriente arriba.

3. El método de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque el agua residual es un agua residual de baja concentración que tiene una concentración de contaminantes que es tan baja que se requiere una alimentación de concentración influente para soportar la actividad biológica en un reactor biológico convencional.

4. El método de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado además porque comprende remover los sólidos del efluente de agua tratado biológicamente.

5. El método de conformidad con la reivindicación 4, caracterizado porque los sólidos se remueven usando un sistema operativo de membrana.

6. El método de conformidad con la reivindicación 4, caracterizado porque los sólidos se remueven usando al menos uno de un clarificador y un sedimentador.

7. El método de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque comprende además cortar una biomasa acumulada del material adsorbente regenerado antes de reciclar el material adsorbente regenerado a la zona de mezclado.

8. El método de conformidad con la reivindicación 7, caracterizado porque comprende además separar la biomasa acumulada del material adsorbente regenerado antes de reciclar el material adsorbente regenerado a la zona de mezclado.

9. Un sistema para tratamiento de agua residual, caracterizado porque comprende:

una zona de mezclado que incluye:

una entrada de agua residual,

5 una entrada de material adsorbente y

una salida de descarga;

una zona de separación de líquido y sedimentación de material adsorbente incluye una entrada de mezcla espesa en comunicación con la salida de descarga de la zona de
10 mezclado,

una salida de agua tratada, y

una salida de material adsorbente contaminado; y

un sistema de reactor de regeneración biológico de material adsorbente que incluye

15 un reactor de regeneración biológico que incluye una entrada de material adsorbente contaminado en comunicación con la salida de material adsorbente contaminado de la zona de separación de líquido y sedimentación de material adsorbente,

20 una salida de agua biológicamente tratada, y

una salida de material adsorbente regenerado en comunicación con la entrada de material adsorbente de la zona de mezclado.

10. El sistema de conformidad con la
25 reivindicación 9, caracterizado porque comprende además un aparato de separación de sólidos en comunicación con la salida de agua tratada biológicamente.

11. El sistema de conformidad con la
30 reivindicación 10, caracterizado porque el aparato de separación de sólidos es un sistema operativo de la membrana.

12. El sistema de conformidad con la reivindicación 10, caracterizado porque el aparato de separación de sólidos es al menos uno de un sedimentador y clarificador.

13. El sistema de conformidad con la
5 reivindicación 9, caracterizado porque comprende además un zona de corte incluyendo una entrada en comunicación con la salida de material adsorbente regenerado y una salida en comunicación con la entrada del material adsorbente de la zona de mezclado.

10 14. El sistema de conformidad con la reivindicación 13, caracterizado porque comprende además una zona de material adsorbente/separación de biomasa incluyendo una entrada en comunicación con la salida de la zona de corte y una salida en comunicación con la entrada del material
15 adsorbente de la zona de mezclado.

15. El sistema de conformidad con la reivindicación 9, caracterizado porque comprende además un aparato para cortar y separar la biomasa del material adsorbente incluyendo una entrada en comunicación con la
20 salida del material adsorbente regenerado y una salida en comunicación con la entrada del material adsorbente de la zona de mezclado.

16. El sistema de conformidad con la reivindicación 9, caracterizado porque el reactor de regeneración biológico
25 se construye y configura para cortar y separar la biomasa del material adsorbente regenerado.

17. El sistema de conformidad con la reivindicación 9, caracterizado porque comprende además un sistema de tratamiento de agua residual corriente arriba que descarga un
30 agua residual de baja concentración, y en donde la entrada de agua residual de la zona de mezclado es una entrada de

agua residual de baja concentración conectable fluidamente con el sistema de tratamiento de agua residual corriente arriba.

18. Un sistema de tratamiento de aguas residuales
5 caracterizado porque comprende:

un sistema de adsorción de flujo alto que incluye
una entrada para recibir agua residual que
comprende contaminantes,

una fuente de material adsorbente para poner en
10 contacto el agua residual y adsorber los contaminantes del
agua residual para producir un material adsorbente que tiene
contaminantes adsorbidos en este y agua residual tratada,

una salida de líquido para descargar una porción
principal del agua residual tratada, y

15 una salida de material adsorbente para descargar el
material adsorbente que tiene contaminantes adsorbidos en
este y una porción menor del agua residual tratada; y

un sistema de reactor de regeneración biológico de
material adsorbente de flujo bajo para mantener el material
20 adsorbente que tiene contaminantes adsorbidos en este en
suspensión por un periodo de tiempo que es suficiente para
permitir los microorganismos para digerir los contaminantes
adsorbidos en este, el sistema de reactor de regeneración
biológico de material adsorbente de flujo bajo incluye

25 un reactor de regeneración biológico que tiene

una entrada para recibir el material adsorbente que
tiene contaminantes adsorbidos en este de la salida del
material adsorbente del sistema de adsorción de flujo alto,

una salida de licor mezclado, y

30 una salida de material adsorbente en comunicación
con la fuente de material adsorbente del sistema de adsorción

de alto flujo.

19. El sistema de conformidad con la reivindicación 18, caracterizado porque el sistema de reactor de regeneración biológico de material adsorbente de bajo flujo
5 comprende además:

un aparato de corte para cortar una biomasa acumulada del material adsorbente para producir una mezcla de un material adsorbente cortado y una biomasa libre, el aparato de corte se posiciona en al menos una ubicación
10 seleccionada dentro del reactor de regeneración biológico y separada del reactor de regeneración biológico y conectada a la salida del material adsorbente para recibir un material adsorbente regenerado del reactor de regeneración biológico;

una zona de separación de material
15 adsorbente/biomasa para separar la biomasa libre de la mezcla de material adsorbente cortado y biomasa libre para producir un material adsorbente cortado separado y una biomasa libre;

un conducto de material adsorbente para pasar el material adsorbente cortado separado de la zona de separación
20 de biomasa/material adsorbente al sistema de adsorción de flujo alto; y

un conducto de biomasa para pasar la biomasa libre de la zona de separación de biomasa/material adsorbente en al menos una del reactor de regeneración biológico y una
25 ubicación corriente abajo del reactor de regeneración biológico.

20. El sistema de conformidad con la reivindicación 18, caracterizado porque el sistema de reactor de regeneración biológico de material adsorbente de flujo bajo
30 comprende además:

un aparato combinado para cortar y separar una

biomasa acumulada de un material adsorbente regenerado que se posiciona en al menos una ubicación seleccionada de

dentro del reactor de regeneración biológico y

separado del reactor de regeneración biológico y

5 conectado a la salida del material adsorbente regenerado para recibir material adsorbente del reactor de regeneración biológico, y que tiene una salida para descargar un material adsorbente cortado separado y una salida para descargar una biomasa libre;

10 un conducto de material adsorbente en comunicación con la salida del material adsorbente regenerado del aparato combinado para regresar el material adsorbente regenerado al sistema de adsorción de flujo alto; y

un conducto de biomasa en comunicación con la
15 salida para desechar la biomasa libre del aparato combinado para pasar la biomasa libre en al menos uno del reactor de regeneración biológico y una ubicación corriente del reactor de regeneración biológico.

21. El sistema de conformidad con la reivindicación
20 18, caracterizado porque el sistema de reactor de regeneración biológico de materia adsorbente de flujo bajo comprende además un sistema operativo de la membrana en comunicación fluida con la salida del licor mezclado del reactor de regeneración biológico.

22. El sistema de conformidad con la reivindicación
25 18, caracterizado porque el sistema de reactor de regeneración biológico de materia adsorbente de flujo bajo comprende además al menos uno de un clarificador y un sedimentador en comunicación fluida con la salida del licor
30 mezclado del reactor de regeneración biológico.

23. El sistema de conformidad con la reivindicación

18, caracterizado porque el sistema de adsorción de flujo alto incluye una zona de mezclado y una zona de sedimentación.

24. El sistema de conformidad con la
5 reivindicación 18, caracterizado porque el sistema de adsorción de flujo alto incluye un aparato de filtración de material adsorbente.

25. El sistema de conformidad con la
10 reivindicación 18, caracterizado porque el sistema de adsorción de flujo alto incluye un filtro de retrolavado continuo.

26. El sistema de conformidad con la
15 reivindicación 18, caracterizado porque el sistema de adsorción de flujo alto incluye al menos uno de un sistema de filtración de regeneración continua y un filtro de cáscara de nuez de regeneración continua.

27. El sistema de conformidad con la
20 reivindicación 18, caracterizado porque comprende además un sistema de tratamiento de agua residual corriente arriba que descarga un agua residual de baja concentración, y en donde la entrada del agua residual de la zona mezclada es una entrada de agua residual de baja concentración fluidamente conectable con el sistema de tratamiento de agua residual corriente arriba.

25 28. El sistema de conformidad con la reivindicación 18, caracterizado porque comprende además

un sensor construido y configurado para medir un parámetro del sistema de tratamiento de agua residual; y

un controlador en comunicación electrónica con el
30 sensor programado para instruir desempeño de un acto con base en el parámetro medido del sistema.

29. El sistema de tratamiento de agua residual de conformidad con la reivindicación 28, caracterizado porque el parámetro de medición es la concentración de al menos un compuesto predeterminado.

5 30. El sistema de tratamiento de agua residual de conformidad con la reivindicación 28, caracterizado porque el acto comprende remover al menos una porción de al menos uno del material adsorbente que tiene contaminantes adsorbidos en este y material adsorbente regenerado del reactor de
10 regeneración biológico.

31. El sistema de tratamiento de agua residual de conformidad con la reivindicación 28, caracterizado porque el acto comprende agregar material adsorbente al reactor de regeneración biológico.

15

CLAIMS

1. A method for treating wastewater comprising:

mixing wastewater comprising contaminants with adsorbent material in a mixing zone for a time sufficient for adsorption of the contaminants from the wastewater onto the adsorbent material to produce a mixture of treated wastewater and adsorbent material having contaminants adsorbed thereon;

separating and removing a major portion of the treated wastewater from the mixture of treated wastewater and adsorbent material having contaminants adsorbed thereon;

passing the adsorbent material having contaminants adsorbed thereon and a minor portion of the treated wastewater to a biological regeneration reactor containing microorganisms;

retaining the adsorbent material having contaminants adsorbed thereon and the minor portion of the treated wastewater in suspension in the biological regeneration reactor for a period of time that is sufficient to allow the microorganisms in the biological regeneration reactor to biologically act on at least a portion of the contaminants on the adsorbent material to produce a regenerated adsorbent material and a biologically treated water effluent;

discharging the biologically treated water effluent from the biological regeneration reactor; and

recycling the regenerated adsorbent material to the mixing zone.

2. The method of claim 1, wherein the wastewater comprises a low concentration wastewater that is an effluent of an upstream wastewater treatment process.

3. The method of claim 1, wherein the wastewater is a low concentration wastewater that has a concentration of contaminants that is lower than an influent feed concentration that is required to support biological activity in a conventional biological reactor.

4. The method of claim 1, further comprising removing solids from the biologically treated water effluent.

5. The method of claim 4, wherein the solids are removed using a membrane operating system.
6. The method of claim 4, wherein the solids are removed using at least one of a clarifier and a settler.
7. The method of claim 1, further comprising shearing an accumulated biomass from the regenerated adsorbent material prior to recycling the regenerated adsorbent material to the mixing zone.
8. The method of claim 7, further comprising separating the accumulated biomass from the regenerated adsorbent material prior to recycling the regenerated adsorbent material to the mixing zone.

9. A system for treatment of wastewater comprising:
- a mixing zone including
 - a wastewater inlet,
 - an adsorbent material inlet, and
 - a discharge outlet;
 - an adsorbent material settling and liquid separation zone including
 - a slurry inlet in communication with the discharge outlet of the mixing zone,
 - a treated water outlet, and
 - a contaminated adsorbent material outlet; and
 - an adsorbent material biological regeneration reactor system including
 - a biological regeneration reactor including a contaminated adsorbent material inlet in communication with the contaminated adsorbent material outlet of the adsorbent material settling and liquid separation zone,
 - a biologically treated water outlet, and
 - a regenerated adsorbent material outlet in communication with the adsorbent material inlet of the mixing zone.
10. The system of claim 9, further comprising a solids separation apparatus in communication with the biologically treated water outlet.
11. The system of claim 10, wherein the solids separation apparatus is a membrane operating system.
12. The system of claim 10, wherein the solids separation apparatus is at least one of a clarifier and a settler.
13. The system of claim 9, further comprising a shearing zone including an inlet in communication with the regenerated adsorbent material outlet and an outlet in communication with the adsorbent material inlet of the mixing zone.

14. The system of claim 13, further comprising an adsorbent material/biomass separation zone including an inlet in communication with the outlet of the shearing zone and an outlet in communication with the adsorbent material inlet of the mixing zone.
15. The system of claim 9, further comprising an apparatus for shearing and separating biomass from adsorbent material including an inlet in communication with the regenerated adsorbent material outlet and an outlet in communication with the adsorbent material inlet of the mixing zone.
16. The system of claim 9, wherein the biological regeneration reactor is constructed and arranged for shearing and separating a biomass from a regenerated adsorbent material.
17. The system of claim 9, further comprising an upstream wastewater treatment system that discharges a low concentration wastewater, and wherein the wastewater inlet of the mixing zone is a low concentration wastewater inlet fluidly connectable to the upstream wastewater treatment system.

18. A wastewater treatment system comprising:
- a high flux adsorption system including
 - an inlet for receiving wastewater comprising contaminants,
 - a source of adsorbent material for contacting the wastewater and adsorbing the contaminants from the wastewater to produce an adsorbent material having contaminants adsorbed thereon and a treated wastewater,
 - a liquid outlet for discharging a major portion of the treated wastewater, and
 - an adsorbent material outlet for discharging the adsorbent material having contaminants adsorbed thereon and a minor portion of the treated wastewater; and
 - a low flux adsorbent material biological regeneration reactor system for maintaining the adsorbent material having contaminants adsorbed thereon in suspension for a period of time that is sufficient to allow microorganisms to digest the contaminants adsorbed thereon, the low flux adsorbent material biological regeneration reactor system including
 - a biological regeneration reactor having
 - an inlet for receiving adsorbent material having contaminants adsorbed thereon from the adsorbent material outlet of the high flux adsorption system,
 - a mixed liquor outlet, and
 - an adsorbent material outlet in communication with the source of adsorbent material of the high flux adsorption system.
19. The system of claim 18 in which the low flux adsorbent material biological regeneration reactor system further comprises:
- a shearing apparatus for shearing an accumulated biomass from adsorbent material to produce a mixture of a sheared adsorbent material and a free biomass, the shearing apparatus being positioned in at least one location selected from
 - within the biological regeneration reactor and
 - separate from the biological regeneration reactor and connected to the adsorbent material outlet for receiving a regenerated adsorbent material from the biological regeneration reactor;

an adsorbent material/biomass separation zone for separating the free biomass from the mixture of sheared adsorbent material and free biomass to produce a separated sheared adsorbent material and a free biomass;

an adsorbent material conduit for passing the separated sheared adsorbent material from the adsorbent material/biomass separation zone to the high flux adsorption system; and

a biomass conduit for passing free biomass from the adsorbent material/biomass separation zone to at least one of the biological regeneration reactor and a location downstream of the biological regeneration reactor.

20. The system of claim 18 in which the low flux adsorbent material biological regeneration reactor system further comprises:

a combined apparatus for shearing and separating an accumulated biomass from a regenerated adsorbent material being positioned in at least one location selected from

within the biological regeneration reactor and

separate from the biological regeneration reactor and connected to the regenerated adsorbent material outlet for receiving the regenerated adsorbent material from the biological regeneration reactor, and having an outlet for discharging a separated sheared adsorbent material and an outlet for discharging a free biomass;

an adsorbent material conduit in communication with the regenerated adsorbent material outlet of the combined apparatus for returning regenerated adsorbent material to the high flux adsorption system; and

a biomass conduit in communication with the outlet for discharging the free biomass of the combined apparatus for passing free biomass to at least one of the biological regeneration reactor and a location downstream of the biological regeneration reactor.

21. The system of claim 18, wherein the low flux adsorbent material biological regeneration reactor system further comprises a membrane operating system in fluid communication with the mixed liquor outlet of the biological regeneration reactor.
22. The system of claim 18, wherein the low flux adsorbent material biological regeneration reactor system further comprises at least one of a clarifier and a settler in fluid communication with the mixed liquor outlet of the biological regeneration reactor.
23. The system of claim 18, wherein the high flux adsorption system includes a mixing zone and a settling zone.
24. The system of claim 18, wherein the high flux adsorption system includes an adsorbent material filtration apparatus.
25. The system of claim 18, wherein the high flux adsorption system includes a continuous backwash filter.
26. The system of claim 18, wherein the high flux adsorption system includes at least one of a continuous regenerating filtration system and a continuous regenerating walnut shell filter.
27. The system of claim 18, further comprising an upstream wastewater treatment system that discharges a low concentration wastewater, and wherein the wastewater inlet of the mixing zone is a low concentration wastewater inlet fluidly connectable to the upstream wastewater treatment system.
28. The system of claim 18, further comprising
a sensor constructed and arranged to measure a parameter of the wastewater treatment system; and

a controller in electronic communication with the sensor programmed to instruct performance of an act based on the measured parameter of the system.

29. The wastewater treatment system of claim 28, wherein the measured parameter is the concentration of at least one predetermined compound.

30. The wastewater treatment system of claim 28, wherein the act comprises removing at least a portion of at least one of the adsorbent material having contaminants adsorbed thereon and regenerated adsorbent material from the biological regeneration reactor.

31. The wastewater treatment system of claim 28, wherein the act comprises adding adsorbent material to the biological regeneration reactor.

(12) INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

(19) World Intellectual Property Organization
International Bureau

(43) International Publication Date
13 January 2011 (13.01.2011)



(10) International Publication Number
WO 2011/005927 A1

(51) International Patent Classification:
C02F 3/30 (2006.01)

(21) International Application Number:
PCT/US2010/041317

(22) International Filing Date:
8 July 2010 (08.07.2010)

(25) Filing Language: English

(26) Publication Language: English

(30) Priority Data:
61/224,011 8 July 2009 (08.07.2009) US

(71) Applicants (for all designated States except US): SAUDI ARABIAN OIL COMPANY [SA/SA]; P.O. Box 5000, Dhahran, 31311 (SA). SIEMENS WATER TECHNOLOGIES CORP. [US/US]; 18 Thorn Hill Road, Warrendale, PA 15086 (US).

(72) Inventors; and

(75) Inventors/Applicants (for US only): CONNER, William, G. [US/SA]; P.O. Box 10260, Saudi Aramco, Dhahran, 31311 (SA). SCHULTZ, Thomas, E. [US/US]; W226 S4559 Weber Drive, Waukesha, WI 53189 (US).

(74) Agent: CRISPINO, Ralph, J.; Abelman, Frayne & Schwab, 666 Third Avenue, New York, NY 10017-5621 (US).

(81) Designated States (unless otherwise indicated, for every kind of national protection available): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Designated States (unless otherwise indicated, for every kind of regional protection available): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), Eurasian (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), European (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Declarations under Rule 4.17:

— of inventorship (Rule 4.17(iv))

Published:

— with international search report (Art. 21(3))

(54) Title: LOW CONCENTRATION WASTEWATER TREATMENT SYSTEM AND PROCESS

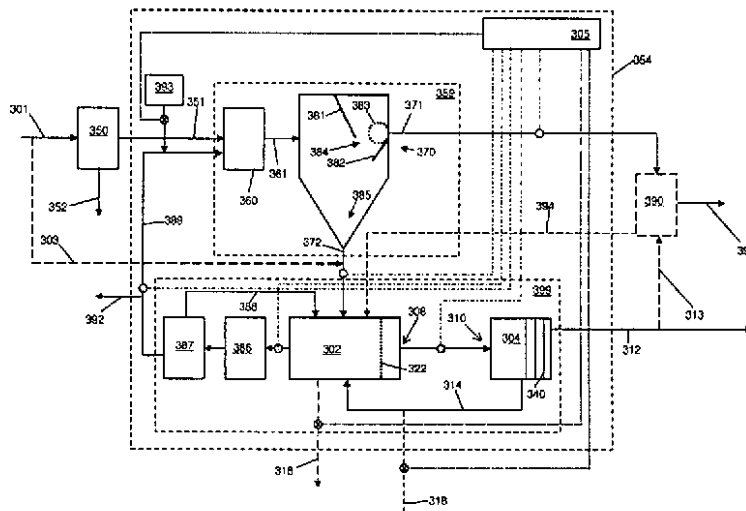


FIG. 3

(57) Abstract: A low concentration wastewater treatment system is provided that includes a high flux adsorbent material treatment system integrated with a low flux adsorbent material biological regeneration reactor. The high flux adsorbent material treatment system includes one or more unit operations for mixing low concentration wastewater with adsorbent material that is fresh, recycled, or a combination of both, and for decanting a liquid effluent having a reduced level of contaminants. The adsorbent material with adsorbed contaminants is regenerated in a low flux adsorbent material biological regeneration reactor in which a biological reaction occurs, such as biological oxidation, wherein organic contaminants in the wastewater are metabolized generally into carbon dioxide and water. Excess biomass is removed from the adsorbent material, and the thus-regenerated adsorbent material is recycled to the high flux adsorbent material treatment system.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/US 10/41317

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC(8) - C02F 3/30 (2010.01) USPC - 210/605 According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC												
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) US: 210/605 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched US: 210/623, 195, 195.3, 196 Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) PubWEST (PGPB, USPT, USOC, EPAB, JPAB), Google (patents, Scholar) for: Saudi, Arabian, Siemens, water, conner, William, Schultz, Thomas, bio\$, reactor, adsorbent, material, membrane, clarifier, settler, shear\$, suspended, media, microorganisms.												
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT												
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.										
X - Y	US 2007/020999 A1 (SMITH et al.) 13 September 2007 (13.09.2007); para {0024}-{0026}, {0029}-{0039}, {0058}, {0068}-{0073}.	1-24, 27-31 ----- 25, 26										
Y	US 5,972,211 A (JONES) 26 October 1999 (26.10.1999); col 3, ln 3-5; col 4, ln 43-48.	25-26										
A	US 5,932,099 A (COTE et al.) 03 August 1999 (03.08.1999) entire document.	1-31										
☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐												
* Special categories of cited documents: <table border="0"><tr><td>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</td><td>"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</td></tr><tr><td>"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date</td><td>"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</td></tr><tr><td>"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</td><td>"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art</td></tr><tr><td>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</td><td>"&" document member of the same patent family</td></tr><tr><td>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</td><td></td></tr></table>			"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention	"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone	"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art	"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	"&" document member of the same patent family	"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention											
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone											
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art											
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	"&" document member of the same patent family											
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed												
Date of the actual completion of the international search 18 August 2010 (18.08.2010)		Date of mailing of the international search report 01 SEP 2010										
Name and mailing address of the ISA/US Mail Stop PCT, Attn: ISA/US, Commissioner for Patents P.O. Box 1450, Alexandria, Virginia 22313-1450 Facsimile No. 571-273-3201		Authorized officer: Lee W. Young PCT Helpdesk: 571-272-4300 PCT OSP: 571-272-7774										

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 2009)

PATENT COOPERATION TREATY

From the
INTERNATIONAL SEARCHING AUTHORITY

To: RALPH J. CRISPINO
ABELMAN, FRAYNE & SCHWAB
666 THIRD AVENUE
NEW YORK, NY 10017-5621

PCT

WRITTEN OPINION OF THE
INTERNATIONAL SEARCHING AUTHORITY

(PCT Rule 43bis.1)

Date of mailing
(day/month/year)

01 SEP 2010

Applicant's or agent's file reference
210,980-PCT

FOR FURTHER ACTION

See paragraph 2 below

International application No.

PCT/US 10/41317

International filing date (day/month/year)

08 July 2010 (08.07.2010)

Priority date (day/month/year)

08 July 2009 (08.07.2009)

International Patent Classification (IPC) or both national classification and IPC

IPC(8) - C02F 3/30 (2010.01)

USPC - 210/605

Applicant SAUDI ARABIAN OIL COMPANY

1. This opinion contains indications relating to the following items:

- ☒ Box No. I Basis of the opinion
- ☐ Box No. II Priority
- ☐ Box No. III Non-establishment of opinion with regard to novelty, inventive step and industrial applicability
- ☐ Box No. IV Lack of unity of invention
- ☒ Box No. V Reasoned statement under Rule 43bis.1(a)(i) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement
- ☐ Box No. VI Certain documents cited
- ☐ Box No. VII Certain defects in the international application
- ☐ Box No. VIII Certain observations on the international application

2. FURTHER ACTION

If a demand for international preliminary examination is made, this opinion will be considered to be a written opinion of the International Preliminary Examining Authority ("IPEA") except that this does not apply where the applicant chooses an Authority other than this one to be the IPEA and the chosen IPEA has notified the International Bureau under Rule 66.1bis(b) that written opinions of this International Searching Authority will not be so considered.

If this opinion is, as provided above, considered to be a written opinion of the IPEA, the applicant is invited to submit to the IPEA a written reply together, where appropriate, with amendments, before the expiration of 3 months from the date of mailing of Form PCT/ISA/220 or before the expiration of 22 months from the priority date, whichever expires later.

For further options, see Form PCT/ISA/220.

3. For further details, see notes to Form PCT/ISA/220.

Name and mailing address of the ISA/US
Mail Stop PCT, Attn: ISA/US
Commissioner for Patents
P.O. Box 1450, Alexandria, Virginia 22313-1450
Facsimile No. 571-273-3201

Date of completion of this opinion

18 August 2010 (18.08.2010)

Authorized officer:

Lee W. Young

PCT Helpdesk: 571-272-4300
PCT OSP: 571-272-7774

Form PCT/ISA/237 (cover sheet) (July 2009)

WRITTEN OPINION OF THE
INTERNATIONAL SEARCHING AUTHORITY

International application No.
PCT/US 10/41317

Box No. 1 Basis of this opinion

1. With regard to the language, this opinion has been established on the basis of:
 - ☒ the international application in the language in which it was filed.
 - ☐ a translation of the international application into _____ which is the language of a translation furnished for the purposes of international search (Rules 12.3(a) and 23.1(b)).
2. ☐ This opinion has been established taking into account the rectification of an obvious mistake authorized by or notified to this Authority under Rule 91 (Rule 43bis.1(a))
3. With regard to any nucleotide and/or amino acid sequence disclosed in the international application, this opinion has been established on the basis of a sequence listing filed or furnished:
 - a. (means)
 - ☐ on paper
 - ☐ in electronic form
 - b. (time)
 - ☐ in the international application as filed
 - ☐ together with the international application in electronic form
 - ☐ subsequently to this Authority for the purposes of search
4. ☐ In addition, in the case that more than one version or copy of a sequence listing has been filed or furnished, the required statements that the information in the subsequent or additional copies is identical to that in the application as filed or does not go beyond the application as filed, as appropriate, were furnished.
5. Additional comments:

**WRITTEN OPINION OF THE
INTERNATIONAL SEARCHING AUTHORITY**

International application No.

PCT/US 10/41317

Box No. V Reasoned statement under Rule 43bis.1(a)(i) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement

1. Statement

Novelty (N)	Claims	9-17, 19, 20, 25, 26, 29	YES
	Claims	1-8, 18, 21-24, 27, 28, 30, 31	NO
Inventive step (IS)	Claims	NONE	YES
	Claims	1-31	NO
Industrial applicability (IA)	Claims	1-31	YES
	Claims	NONE	NO

2. Citations and explanations:

Claims 1-8, 18, 21-24, 27, 28, 30, and 31 lack novelty under PCT Article 33(2) as being anticipated by US 2007/0209999 A1 to Smith et al. (hereinafter, Smith.).

Regarding claim 1, Smith teaches a method for treating wastewater comprising:

mixing wastewater with adsorbent material in a mixing zone for a time sufficient for adsorption of contaminants from the wastewater onto the adsorbent material (para [0032], [0037], [0038]);
separating and removing a major portion of the wastewater from the mixture of wastewater and adsorbent material (para [0032], [0037]);
passing the adsorbent material having contaminants adsorbed thereon and a minor portion of the wastewater to a biological regeneration reactor (para [0032], [0037]);
retaining the adsorbent material and wastewater in suspension in the biological regeneration reactor for a period of time that is sufficient to allow microorganisms in the biological regeneration reactor to biologically act on at least a portion of the adsorbed contaminants (para [0028], [0032], [0037], [0038]);
discharging biologically treated water effluent from the biological regeneration reactor (para [0033], [0039]); and
recycling regenerated adsorbent material to the mixing zone (para [0037]).

Regarding claim 2, Smith teaches wherein the wastewater comprises low concentration wastewater that is an effluent subjected to an upstream wastewater treatment process (para [0024]-[0026], [0029]-[0031]).

Regarding claim 3, Smith teaches wherein the wastewater is a low concentration wastewater that has a concentration of contaminants that is lower than an influent feed concentration that is required to support biological activity in a conventional biological reactor (para [0024]-[0026], [0032]).

Regarding claim 4, Smith teaches further comprising removing solids from the biological regeneration reactor water effluent (para [0033], [0058], [0071]).

Regarding claim 5, Smith teaches wherein the solids are removed using a membrane operating system (para [0033], [0058], [0071]).

Regarding claim 6, Smith teaches wherein the solids are removed using a clarifier and/or a settler (para [0033]).

Regarding claim 7, Smith teaches which further comprises shearing any accumulated biomass from the adsorbent material prior to recycling to the mixing zone (para [0072], [0073]).

Regarding claim 8, Smith teaches further comprising separating the biomass from the adsorbent material prior to recycling the adsorbent material to the mixing zone (para [0073]).

Regarding claim 18, Smith teaches a wastewater treatment system comprising:

a high flux adsorption system including an inlet (414) for receiving wastewater, a source (422) of adsorbent material for contacting the wastewater and adsorbing contaminants from the wastewater, a liquid outlet (424) for discharging a major portion of the received wastewater that has been contacted by the adsorbent material, and an adsorbent material outlet (432) for discharging adsorbent material having adsorbed contaminants and a minor portion of the received wastewater (para [0032]-[0034], [0068]-[0073]); and
a low flux adsorbent material biological regeneration reactor system (460) for maintaining the adsorbent material having adsorbed contaminants in suspension for a period of time that is sufficient to allow microorganisms to digest adsorbed organic contaminants (para [0028], [0032], [0037], [0039], [0071]), the low flux adsorbent material biological regeneration reactor system including
a biological regeneration reactor having an inlet (424) for receiving adsorbent material with adsorbed contaminants from the adsorbent material outlet of the high flux adsorption system, a mixed liquor outlet (432), and an adsorbent material outlet (434) in communication with the source of adsorbent material of the high flux adsorption system (para [0032], [0037], [0039], [0068]-[0073]).

Regarding claim 21, Smith teaches wherein the low flux adsorbent material biological regeneration reactor system further comprises a membrane operating system in fluid communication with the mixed liquor outlet of the biological regeneration reactor (para [0033]).

[See Supplemental Box]

WRITTEN OPINION OF THE
INTERNATIONAL SEARCHING AUTHORITY

International application No.

PCT/US 10/41317

Supplemental Box

In case the space in any of the preceding boxes is not sufficient.

Continuation of:
BOX No. V/2: Citations and explanations

Regarding claim 22, Smith teaches wherein the low flux adsorbent material biological regeneration reactor system further comprises a clarifier and/or a settler in fluid communication with the mixed liquor outlet of the biological regeneration reactor (para [0033]).

Regarding claim 23, Smith teaches wherein the high flux adsorption system includes a mixing zone and a settling zone (para [0032], [0033]).

Regarding claim 24, Smith teaches wherein the high flux adsorption system includes an adsorbent material filtration apparatus (para [0055]).

Regarding claim 27, Smith teaches further comprising an upstream wastewater treatment system that discharges a low concentration wastewater, and wherein the wastewater inlet of the mixing zone is a low concentration wastewater inlet (para [0024]-[0026], [0029]-[0032]).

Regarding claim 28, Smith teaches further comprising a sensor constructed and arranged to measure a parameter of the system (para [0074]); and a controller in electronic communication with the sensor programmed to instruct performance of an act based on the measured parameter of the system (para [0074]).

Regarding claim 30, Smith teaches wherein the act comprises removing at least a portion of the adsorbent material from the biological regeneration reactor (para [0072]).

Regarding claim 31, Smith teaches wherein the act comprise adding adsorbent material to the biological regeneration reactor (para [0071]).

Claims 9-17, 19, 20, and 29 lack an inventive step under PCT Article 33(3) as being obvious over Smith.

Regarding claim 9, Smith teaches a system for treatment of wastewater comprising: a mixing zone (420) including a wastewater inlet (414), an adsorbent material inlet (422), and a discharge outlet (424) (see .first bioreactor. discussed at para [0032], [0069], [0071]); an adsorbent material biological regeneration reactor system including a biological regeneration reactor (460) including a contaminated adsorbent material inlet (424) in communication with the contaminated adsorbent material outlet of the adsorbent material settling and liquid separation zone, a biologically treated water outlet (432), and a regenerated adsorbent material outlet (434) in communication with the adsorbent material inlet of the mixing zone (para [0032], [0037], [0071], [0072]).

Smith does not specifically show an adsorbent material settling and liquid separation zone including a slurry inlet in communication with the discharge outlet of the mixing zone, a treated water outlet, and a contaminated adsorbent material outlet. However, Smith teaches wherein the system may include an additional treatment zone for adsorbent material settling and liquid separation (para [0032], [0033]). In view of this teaching, it would have been obvious to one of ordinary skill in this art to configure a system as in that of Smith comprising an adsorbent material settling and liquid separation zone including a slurry inlet in communication with the discharge outlet of the mixing zone, a treated water outlet, and a contaminated adsorbent material outlet, so as to provide for enhanced treatment of the wastewater.

Regarding claim 10, Smith teaches further comprising a solids separation apparatus in communication with the biologically treated water outlet (para [0033]).

Regarding claim 11, Smith teaches wherein the solids separation apparatus is a membrane operating system (para [0033]).

Regarding claim 12, Smith teaches wherein the solids separation apparatus is a clarifier and/or a settler (para [0033]).

Regarding claim 13, Smith does not specifically shows further comprising a shearing zone including an inlet in communication with the regenerated adsorbent material outlet and an outlet in communication with the adsorbent material inlet of the mixing zone. However, Smith teaches wherein the regeneration unit (450) additionally acts to shear accumulated biomass from the adsorbent material prior to recycling (para [0073]). In view of this teaching, it would have been obvious to one of ordinary skill in this art to configure a system as in that of Smith comprising a shearing zone including an inlet in communication with the regenerated adsorbent material outlet and an outlet in communication with the adsorbent material inlet of the mixing zone, so as to provide for enhanced recycling of the adsorbent material.

Regarding claim 14, Smith teaches further comprising an adsorbent material/biomass separation zone including an inlet in communication with the outlet of the shearing zone and an outlet in communication with the adsorbent material inlet of the mixing zone (para [0032], [0037], [0073]).

Regarding claim 15, Smith teaches further comprising an apparatus (see .regeneration unit. discussed at para [0073]) for shearing and separating biomass from adsorbent material including an inlet in communication with the regenerated adsorbent material outlet and an outlet in communication with the adsorbent material inlet of the mixing zone (para [0032], [0037], [0073]).

[See Supplemental Box]

WRITTEN OPINION OF THE
INTERNATIONAL SEARCHING AUTHORITY

International application No.
PCT/AUS 10/41317

Supplemental Box

In case the space in any of the preceding boxes is not sufficient.

Continuation of:
Preceding Supplemental Box

Regarding claim 16, Smith teaches wherein the biological regeneration reactor is constructed and arranged for shearing and separating biomass from adsorbent material (para [0032], [0037], [0073]).

Regarding claim 17, Smith teaches further comprising an upstream wastewater treatment system that discharges a low concentration wastewater, and wherein the wastewater inlet of the mixing zone is a low concentration wastewater inlet (para [0024]-[0026], [0029]-[0031]).

Regarding claim 19, Smith teaches in which the low flux adsorbent material biological regeneration reactor system further comprises: a shearing apparatus (250) for shearing excess accumulated biomass from adsorbent material, the shearing apparatus being positioned within the biological regeneration reactor and/or separate from the biological regeneration reactor and connected to the adsorbent material outlet for receiving adsorbent material from the biological regeneration reactor (para [0072], [0073]); an adsorbent material/biomass separation zone for separating free biomass from a mixture of adsorbent material and free biomass (para [0032]); and a biomass conduit (424) for passing separated biomass from the adsorbent material/biomass separation zone to the biological regeneration reactor (460) or a location downstream of the biological regeneration reactor (para [0032], [0037], [0068]-[0073]).

Smith does not specifically show an adsorbent material conduit for passing separated adsorbent material from the adsorbent material/biomass separation zone to the high flux adsorption system. However, Smith teaches wherein the system may include an additional treatment zone for adsorbent material/biomass separation (para [0032], [0033]). In view of this teaching, it would have been obvious to one of ordinary skill in this art to configure a system as in that of Smith comprising an adsorbent material conduit for passing separated adsorbent material from the adsorbent material/biomass separation zone to the high flux adsorption system, so as to provide for enhanced treatment of the wastewater.

Regarding claim 20, Smith teaches in which the low flux adsorbent material biological regeneration reactor system further comprises: a combined apparatus (450) for shearing and separating accumulated biomass from adsorbent material being positioned within the biological regeneration reactor and/or separate from the biological regeneration reactor and connected to the adsorbent material outlet for receiving adsorbent material from the biological regeneration reactor, having an outlet for discharging separated adsorbent material (para [0072], [0073]), an adsorbent material conduit (452) for returning adsorbent material to the high flux adsorption system (para [0072], [0073]); and a biomass conduit in communication with the bio mass outlet of the combined apparatus for passing separated biomass to the biological regeneration reactor or a location downstream of the biological regeneration reactor (para [0072]).

Smith does not specifically show having an outlet for discharging free biomass or the adsorbent material conduit in communication with the adsorbent material outlet of the combined apparatus. However, Smith teaches wherein the biomass of the regeneration unit is destroyed within the unit (para [0073]), such that no separate outlet is needed. Further, Smith teaches additional treatment units such that an additional conduit from the unit may be implied (para [0032]). As such, it would have been obvious to one of ordinary skill in this art to configure a system as in Smith having an outlet for discharging free biomass or the adsorbent material conduit in communication with the adsorbent material outlet of the combined apparatus, so as to provide for a more complete treatment system.

Regarding claim 29, Smith does not specifically shows wherein the measured parameter is the concentration of one or more predetermined compounds. However, Smith teaches wherein one or more characteristics of suspended solids or effluent may be measured (para [0074]). In view of this teaching, it would have been obvious to one of ordinary skill in this art to configure a system as in Smith wherein the measured parameter is the concentration of one or more predetermined compounds, so as to provide for desired analysis of suspended solids or effluent.

Claims 25 and 26 lack an inventive step under PCT Article 33(3) as being obvious over Smith in view of US 5,972,211 A (Jones).

Regarding claim 25, Smith does not specifically shows wherein the high flux adsorption system includes a continuous backwash filter. However, Smith teaches wherein a filter is used in combination with the biological reactor (para [0055]). Further, Jones teaches a water filtration system including a continuous backwash filter (col 4, ln 43-48). In view of this teaching, it would have been obvious to one of ordinary skill in this art to combine a system as in Smith with a filter as in Jones so as to provide for more efficient filtration of the wastewater.

Regarding claim 26, Smith does not specifically show wherein the high flux adsorption system includes a continuous regenerating filtration system or a continuous regenerating walnut shell filter. However, Smith teaches wherein a filter is used in combination with the biological reactor (para [0055]). Further, Jones teaches a wastewater treatment system including a continuous regenerating filtration system (col 3, ln 3-5). In view of this teaching, it would have been obvious to one of ordinary skill in this art to combine a system as in Smith with a filter as in Jones so as to provide for more efficient filtration of the wastewater.

Claims 1-31 have industrial applicability as defined by PCT Article 33(4) because the subject matter claimed can be made or used in industry.

From the INTERNATIONAL BUREAU

PCTNOTIFICATION OF THE RECORDING
OF A CHANGE(PCT Rule 92bis.1 and
Administrative Instructions, Section 422)

To:

CRISPINO, Ralph, J.
Abelman, Frayne & Schwab
666 Third Avenue
New York, NY 10017-5621
ETATS-UNIS D'AMERIQUE

Date of mailing (day/month/year)

10 November 2011 (10.11.2011)

Applicant's or agent's file reference

210,980-PCT

International application No.

PCT/US2010/041317

IMPORTANT NOTIFICATION

International filing date (day/month/year)

08 July 2010 (08.07.2010)

1. The following indications appeared on record concerning:

☒ the applicant☐ the inventor☐ the agent☐ the common representative

Name and Address

SIEMENS WATER TECHNOLOGIES CORP.
18 Thorn Hill Road
Warrendale, PA 15086
United States of America

State of Nationality

US

State of Residence

US

Telephone No.

Facsimile No.

E-mail address

2. The International Bureau hereby notifies the applicant that the following change has been recorded concerning:

☒ the person☐ the name☐ the address☐ the nationality☐ the residence

Name and Address

SIEMENS INDUSTRY, INC.
3333 Old Milton Parkway
Alpharetta, Georgia 30005
United States of America

State of Nationality

US

State of Residence

US

Telephone No.

Facsimile No.

E-mail address

☐ Notifications by e-mail authorized

3. Further observations, if necessary:

Applicant in Box 1. merged into Siemens Water Technologies Holding Corp. which then merged into Siemens Industry, Inc.

4. A copy of this notification has been sent to:

☒ the receiving Office☐ the International Searching Authority☐ the Authority(ies) specified for supplementary search☐ the International Preliminary Examining Authority☐ the designated Offices concerned☒ the elected Offices concerned☐ other:The International Bureau of WIPO
34, chemin des Colombettes
1211 Geneva 20, Switzerland

Authorized officer

Fahy Laurence

e-mail pt09.pct@wipo.int

Telephone No. +41 22 338 74 03

Facsimile No. +41 22 338 71 30

Form PCT/IB/306 (January 2009)

1/R6NZV5L5LKY3C0

REPORT EXAMEN PRELIMINAR CAP. II

PATENT COOPERATION TREATY

PCT

INTERNATIONAL PRELIMINARY REPORT ON PATENTABILITY

(Chapter II of the Patent Cooperation Treaty)

(PCT Article 36 and Rule 70)

Applicant's or agent's file reference 210,980-PCT	FOR FURTHER ACTION		See Form PCT/IPEA/416
International application No. PCT/US10/41317	International filing date (day/month/year) 08 July 2010 (08.07.2010)	Priority date (day/month/year) 08 July 2009 (08.07.2009)	
International Patent Classification (IPC) or national classification and IPC IPC: C02F 3/00(2006.01) USPC: 210/605			
Applicant SAUDI ARABIAN OIL COMPANY			
1. This report is the international preliminary examination report, established by this International Preliminary Examining Authority under Article 35 and transmitted to the applicant according to Article 36. 2. This REPORT consists of a total of ~~2~~²³ sheets, including this cover sheet. 3. This report is also accompanied by ANNEXES, comprising: a. ☒ (sent to the applicant and to the International Bureau) a total of <u>25</u> sheets, as follows: ☒ sheets of the description, claims and/or drawings which have been amended and are the basis of this report and/or sheets containing rectifications authorized by this Authority (see Rule 70.16 and Section 607 of the Administrative Instructions). ☐ sheets which supersede earlier sheets, but which this Authority considers contain an amendment that goes beyond the disclosure in the international application as filed, as indicated in item 4 of Box No. I and the Supplemental Box. b. ☐ (sent to the International Bureau only) a total of (indicate type and number of electronic carrier(s)) _____, containing a sequence listing and/or tables related thereto, in electronic form only, as indicated in the Supplemental Box Relating to Sequence Listing (see Section 802 of the Administrative Instructions).			
4. This report contains indications relating to the following items: ☒ Box No. I Basis of the report ☐ Box No. II Priority ☐ Box No. III Non-establishment of opinion with regard to novelty, inventive step and industrial applicability ☐ Box No. IV Lack of unity of invention ☒ Box No. V Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement ☐ Box No. VI Certain documents cited ☐ Box No. VII Certain defects in the international application ☐ Box No. VIII Certain observations on the international application			
Date of submission of the demand 09 May 2011 (09.05.2011)		Date of completion of this report 28 September 2011 (28.09.2011)	
Name and mailing address of the IPEA/ US Mail Stop PCT, Attn: IPEA/US Commissioner for Patents P.O. Box 1450 Alexandria, Virginia 22313-1450		Authorized officer CHESTER BARRY	
Facsimile No.		Telephone No. 703-308-0651	

Form PCT/IPEA/409 (cover sheet)(April 2007)

INTERNATIONAL PRELIMINARY REPORT ON PATENTABILITY

International application No.

PCT/US10/41317

Box No. I Basis of the report

1. With regard to the language, this report is based on:

- ☒ the international application in the language in which it was filed.
- ☐ a translation of the international application into English, which is the language of a translation furnished for the purposes of:
- ☐ international search (under Rules 12.3(a) and 23.1(b))
- ☐ publication of the international application (under Rule 12.4(a))
- ☐ international preliminary examination (under Rules 55.2(a) and/or 55.3(a))

2. With regard to the elements of the international application, this report is based on (replacement sheets which have been furnished to the receiving Office in response to an invitation under Article 14 are referred to in this report as "originally filed" and are not annexed to this report):

- ☐ the international application as originally filed/furnished
- ☒ the description:
 pages 1-81 as originally filed/furnished
 pages* NONE received by this Authority on _____
 pages* NONE received by this Authority on _____
- ☒ the claims:
 pages NONE as originally filed/furnished
 pages* NONE as amended (together with any statement) under Article 19
 pages* 82-89 received by this Authority on 09 May 2011 (09.05.2011)
 pages* NONE received by this Authority on _____
- ☒ the drawings:
 pages 1/7-7/7 as originally filed/furnished
 pages* NONE received by this Authority on _____
 pages* NONE received by this Authority on _____
- ☐ a sequence listing and/or any related table(s) - see Supplemental Box Relating to Sequence Listing.

3. ☐ The amendments have resulted in the cancellation of:

- ☐ the description, pages _____
- ☐ the claims, Nos. _____
- ☐ the drawings, sheets/figs _____
- ☐ the sequence listing (specify): _____
- ☐ any table(s) related to the sequence listing (specify): _____

4. ☐ This report has been established as if (some of) the amendments annexed to this report and listed below had not been made, since they have been considered to go beyond the disclosure as filed, as indicated in the Supplemental Box (Rule 70.2(c)).

- ☐ the description, pages _____
- ☐ the claims, Nos. _____
- ☐ the drawings, sheets/figs _____
- ☐ the sequence listing (specify): _____
- ☐ any table(s) related to the sequence listing (specify): _____

5. ☐ This report has been established taking into account the rectification of an obvious mistake authorized by or notified to this Authority under Rule 91 (Rule 70.2(e)).

* If item 4 applies, some or all of those sheets may be marked "superseded."

INTERNATIONAL PRELIMINARY REPORT ON PATENTABILITY

International application No.
PCT/US10/41317**Box No. V Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement****1. Statement**

Novelty (N)	Claims <u>1-31</u>	YES
	Claims <u>NONE</u>	NO
Inventive Step (IS)	Claims <u>1-31</u>	YES
	Claims <u>NONE</u>	NO
Industrial Applicability (IA)	Claims <u>1-31</u>	YES
	Claims <u>NONE</u>	NO

2. Citations and Explanations (Rule 70.7)

Claims 1 – 8 meet the criteria set out in PCT Article 33(2)-(3), because the prior art does not teach or fairly suggest first reducing contaminants from a wastewater stream based on physical phenomenon (i.e., adsorption) followed by biological reaction regeneration of the contaminated adsorbent material (without simultaneously treating a major portion of the initial wastewater influent).

Claims 9 – 17 meet the criteria set out in PCT Article 33(2)-(3), because the prior art does not teach or fairly suggest a mixing zone (i.e., for reducing contaminants from a wastewater stream based on physical phenomenon such as adsorption) in communication with an adsorbent material settling and liquid separation zone, which is in communication with an adsorbent material biological regeneration reactor system having a treated water outlet and a regenerated adsorbent material outlet in communication with the adsorbent material inlet of the mixing zone.

Claims 18 – 31 meet the criteria set out in PCT Article 33(2)-(3), because the prior art does not teach or fairly suggest the combination of 1) a high flux adsorption system and a low flux adsorbent material biological regeneration reactor system wherein the high flux adsorption system includes an inlet for receiving wastewater comprising contaminants, a source of adsorbent material for contacting the wastewater and adsorbing the contaminants from the wastewater to produce an adsorbent material having contaminants adsorbed thereon and a treated wastewater, a liquid outlet for discharging a major portion of the treated wastewater, and an adsorbent material outlet for discharging the adsorbent material having contaminants adsorbed thereon and a minor portion of the treated wastewater; and 2) a low flux adsorbent material biological regeneration reactor system for maintaining the adsorbent material having contaminants adsorbed thereon in suspension for a period of time that is sufficient to allow microorganisms to digest the contaminants adsorbed thereon, the low flux adsorbent material biological regeneration reactor system including a biological regeneration reactor having an inlet for receiving adsorbent material having contaminants adsorbed thereon from the adsorbent material outlet of the high flux adsorption system, a mixed liquor outlet, and an adsorbent material outlet in communication with the source of adsorbent material of the high flux adsorption system.

Claims 1 – 31 meet the criteria set out in PCT Article 33(4), and thus have industrial applicability because the subject matter claimed can be made or used in industry.

PCT/US2010/41317
Replacement Sheet

CLAIMS

1. A method for treating wastewater comprising:

mixing wastewater comprising contaminants with adsorbent material in a mixing zone for a time sufficient for adsorption of the contaminants from the wastewater onto the adsorbent material to produce a mixture of treated wastewater and adsorbent material having contaminants adsorbed thereon;

separating and removing a major portion of the treated wastewater from the mixture of treated wastewater and adsorbent material having contaminants adsorbed thereon;

passing the adsorbent material having contaminants adsorbed thereon and a minor portion of the treated wastewater to a biological regeneration reactor containing microorganisms;

retaining the adsorbent material having contaminants adsorbed thereon and the minor portion of the treated wastewater in suspension in the biological regeneration reactor for a period of time that is sufficient to allow the microorganisms in the biological regeneration reactor to biologically act on at least a portion of the contaminants on the adsorbent material to produce a regenerated adsorbent material and a biologically treated water effluent;

discharging the biologically treated water effluent from the biological regeneration reactor; and

recycling the regenerated adsorbent material to the mixing zone.

2. The method of claim 1, wherein the wastewater comprises a low concentration wastewater that is an effluent of an upstream wastewater treatment process.

PCT/US2010/41317
Replacement Sheet

3. The method of claim 1, wherein the wastewater is a low concentration wastewater that has a concentration of contaminants that is lower than an influent feed concentration that is required to support biological activity in a conventional biological reactor.
4. The method of claim 1, further comprising removing solids from the biologically treated water effluent.
5. The method of claim 4, wherein the solids are removed using a membrane operating system.
6. The method of claim 4, wherein the solids are removed using at least one of a clarifier and a settler.
7. The method of claim 1, further comprising shearing an accumulated biomass from the regenerated adsorbent material prior to recycling the regenerated adsorbent material to the mixing zone.
8. The method of claim 7, further comprising separating the accumulated biomass from the regenerated adsorbent material prior to recycling the regenerated adsorbent material to the mixing zone.

PCT/US2010/41317
Replacement Sheet

9. A system for treatment of wastewater comprising:
- a mixing zone including
 - a wastewater inlet,
 - an adsorbent material inlet, and
 - a discharge outlet;
 - an adsorbent material settling and liquid separation zone including
 - a slurry inlet in communication with the discharge outlet of the mixing zone,
 - a treated water outlet, and
 - a contaminated adsorbent material outlet; and
 - an adsorbent material biological regeneration reactor system including
 - a biological regeneration reactor including a contaminated adsorbent material inlet in communication with the contaminated adsorbent material outlet of the adsorbent material settling and liquid separation zone,
 - a biologically treated water outlet, and
 - a regenerated adsorbent material outlet in communication with the adsorbent material inlet of the mixing zone.
10. The system of claim 9, further comprising a solids separation apparatus in communication with the biologically treated water outlet.
11. The system of claim 10, wherein the solids separation apparatus is a membrane operating system.
12. The system of claim 10, wherein the solids separation apparatus is at least one of a clarifier and a settler.

PCT/US2010/41317
Replacement Sheet

13. The system of claim 9, further comprising a shearing zone including an inlet in communication with the regenerated adsorbent material outlet and an outlet in communication with the adsorbent material inlet of the mixing zone.
14. The system of claim 13, further comprising an adsorbent material/biomass separation zone including an inlet in communication with the outlet of the shearing zone and an outlet in communication with the adsorbent material inlet of the mixing zone.
15. The system of claim 9, further comprising an apparatus for shearing and separating biomass from adsorbent material including an inlet in communication with the regenerated adsorbent material outlet and an outlet in communication with the adsorbent material inlet of the mixing zone.
16. The system of claim 9, wherein the biological regeneration reactor is constructed and arranged for shearing and separating a biomass from a regenerated adsorbent material.
17. The system of claim 9, further comprising an upstream wastewater treatment system that discharges a low concentration wastewater, and wherein the wastewater inlet of the mixing zone is a low concentration wastewater inlet fluidly connectable to the upstream wastewater treatment system.

PCT/US2010/41317
Replacement Sheet

18. A wastewater treatment system comprising:
- a high flux adsorption system including
 - an inlet for receiving wastewater comprising contaminants,
 - a source of adsorbent material for contacting the wastewater and adsorbing the contaminants from the wastewater to produce an adsorbent material having contaminants adsorbed thereon and a treated wastewater,
 - a liquid outlet for discharging a major portion of the treated wastewater, and
 - an adsorbent material outlet for discharging the adsorbent material having contaminants adsorbed thereon and a minor portion of the treated wastewater; and
 - a low flux adsorbent material biological regeneration reactor system for maintaining the adsorbent material having contaminants adsorbed thereon in suspension for a period of time that is sufficient to allow microorganisms to digest the contaminants adsorbed thereon, the low flux adsorbent material biological regeneration reactor system including
 - a biological regeneration reactor having
 - an inlet for receiving adsorbent material having contaminants adsorbed thereon from the adsorbent material outlet of the high flux adsorption system,
 - a mixed liquor outlet, and
 - an adsorbent material outlet in communication with the source of adsorbent material of the high flux adsorption system.
19. The system of claim 18 in which the low flux adsorbent material biological regeneration reactor system further comprises:
- a shearing apparatus for shearing an accumulated biomass from adsorbent material to produce a mixture of a sheared adsorbent material and a free biomass, the shearing apparatus being positioned in at least one location selected from

PCT/US2010/41317
Replacement Sheet

within the biological regeneration reactor and
separate from the biological regeneration reactor and connected to the
adsorbent material outlet for receiving a regenerated adsorbent material from
the biological regeneration reactor;
an adsorbent material/biomass separation zone for separating the free biomass
from the mixture of sheared adsorbent material and free biomass to produce a
separated sheared adsorbent material and a free biomass;
an adsorbent material conduit for passing the separated sheared adsorbent
material from the adsorbent material/biomass separation zone to the high flux
adsorption system; and
a biomass conduit for passing free biomass from the adsorbent
material/biomass separation zone to at least one of the biological regeneration reactor
and a location downstream of the biological regeneration reactor.

20. The system of claim 18 in which the low flux adsorbent material biological
regeneration reactor system further comprises:

a combined apparatus for shearing and separating an accumulated biomass
from a regenerated adsorbent material being positioned in at least one location
selected from

within the biological regeneration reactor and
separate from the biological regeneration reactor and connected to the
regenerated adsorbent material outlet for receiving the regenerated adsorbent
material from the biological regeneration reactor, and having an outlet for
discharging a separated sheared adsorbent material and an outlet for
discharging a free biomass;

PCT/US2010/41317
Replacement Sheet

an adsorbent material conduit in communication with the regenerated adsorbent material outlet of the combined apparatus for returning regenerated adsorbent material to the high flux adsorption system; and

a biomass conduit in communication with the outlet for discharging the free biomass of the combined apparatus for passing free biomass to at least one of the biological regeneration reactor and a location downstream of the biological regeneration reactor.

21. The system of claim 18, wherein the low flux adsorbent material biological regeneration reactor system further comprises a membrane operating system in fluid communication with the mixed liquor outlet of the biological regeneration reactor.
22. The system of claim 18, wherein the low flux adsorbent material biological regeneration reactor system further comprises at least one of a clarifier and a settler in fluid communication with the mixed liquor outlet of the biological regeneration reactor.
23. The system of claim 18, wherein the high flux adsorption system includes a mixing zone and a settling zone.
24. The system of claim 18, wherein the high flux adsorption system includes an adsorbent material filtration apparatus.
25. The system of claim 18, wherein the high flux adsorption system includes a continuous backwash filter.

PCT/US2010/41317
Replacement Sheet

26. The system of claim 18, wherein the high flux adsorption system includes at least one of a continuous regenerating filtration system and a continuous regenerating walnut shell filter.
27. The system of claim 18, further comprising an upstream wastewater treatment system that discharges a low concentration wastewater, and wherein the wastewater inlet of the mixing zone is a low concentration wastewater inlet fluidly connectable to the upstream wastewater treatment system.
28. The system of claim 18, further comprising
a sensor constructed and arranged to measure a parameter of the wastewater treatment system; and
a controller in electronic communication with the sensor programmed to instruct performance of an act based on the measured parameter of the system.
29. The wastewater treatment system of claim 28, wherein the measured parameter is the concentration of at least one predetermined compound.
30. The wastewater treatment system of claim 28, wherein the act comprises removing at least a portion of at least one of the adsorbent material having contaminants adsorbed thereon and regenerated adsorbent material from the biological regeneration reactor.
31. The wastewater treatment system of claim 28, wherein the act comprises adding adsorbent material to the biological regeneration reactor.

ATTORNEY DOCKET NO. 210,980-PCT

**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE AS THE
INTERNATIONAL SEARCHING AUTHORITY**

APPLICANT: Saudi Arabian Oil Company and Siemens Water Technologies Corp.

APPLN NO.: PCT/US2010/41317

CONFIRM. NO. 4247

FILED: 08 July 2010

TITLE: LOW CONCENTRATION WASTEWATER TREATMENT
SYSTEM AND PROCESS

Date: May 9, 2011

**RESPONSE UNDER ARTICLE 34 TO THE WRITTEN OPINION
OF THE INTERNATIONAL SEARCHING AUTHORITY MAILED
01 September 2010**

Mail Stop PCT
Commissioner for Patents
P. O. Box 1450
Alexandria, VA 22313 -1450

Sir:

In response to the Written Opinion of the International Searching Authority mailed 01 September 2010, the remarks which follow are provided prior to establishment of the International Preliminary Report on Patentability.

PCT/US2010/41317

CLAIMS

1. (Currently Amended) A method for treating wastewater comprising:

mixing wastewater comprising contaminants with adsorbent material in a mixing zone for a time sufficient for adsorption of the contaminants from the wastewater onto the adsorbent material to produce a mixture of treated wastewater and adsorbent material having contaminants adsorbed thereon;

separating and removing a major portion of the treated wastewater from the mixture of treated wastewater and adsorbent material having contaminants adsorbed thereon;

passing the adsorbent material having contaminants adsorbed thereon and a minor portion of the treated wastewater to a biological regeneration reactor containing microorganisms;

retaining the adsorbent material having contaminants adsorbed thereon and the minor portion of the treated wastewater in suspension in the biological regeneration reactor for a period of time that is sufficient to allow the microorganisms in the biological regeneration reactor to biologically act on at least a portion of the adsorbed contaminants on the adsorbent material to produce a regenerated adsorbent material and a biologically treated water effluent;

discharging the biologically treated water effluent from the biological regeneration reactor; and

recycling the regenerated adsorbent material to the mixing zone.
2. (Currently Amended) The method of claim 1, wherein the wastewater comprises a low concentration wastewater that is an effluent ~~subjected to~~ of an upstream wastewater treatment process.

PCT/US2010/41317

3. (Original) The method of claim 1, wherein the wastewater is a low concentration wastewater that has a concentration of contaminants that is lower than an influent feed concentration that is required to support biological activity in a conventional biological reactor.
4. (Currently Amended) The method of claim 1, further comprising removing solids from the biologically treated ~~regeneration reactor~~ water effluent.
5. (Original) The method of claim 4, wherein the solids are removed using a membrane operating system.
6. (Currently Amended) The method of claim 4, wherein the solids are removed using at least one of a clarifier ~~and/or and~~ a settler.
7. (Currently Amended) The method of claim 1, ~~which further comprises~~ comprising shearing ~~any~~ an accumulated biomass from the regenerated adsorbent material prior to recycling the regenerated adsorbent material to the mixing zone.
8. (Currently Amended) The method of claim 7, further comprising separating the accumulated biomass from the regenerated adsorbent material prior to recycling the regenerated adsorbent material to the mixing zone.

PCT/US2010/41317

9. (Currently Amended) A system for treatment of wastewater comprising:
- a mixing zone including
 - a wastewater inlet,
 - an adsorbent material inlet, and
 - a discharge outlet;
 - an adsorbent material settling and liquid separation zone including
 - a slurry inlet in communication with the discharge outlet of the mixing zone,
 - a treated water outlet, and
 - a contaminated adsorbent material outlet; and
 - an adsorbent material biological regeneration reactor system including
 - a biological regeneration reactor including a contaminated adsorbent material inlet in communication with the contaminated adsorbent material outlet of the adsorbent material settling and liquid separation zone,
 - a biologically treated water outlet, and
 - a regenerated adsorbent material outlet in communication with the adsorbent material inlet of the mixing zone.
10. (Original) The system of claim 9, further comprising a solids separation apparatus in communication with the biologically treated water outlet.
11. (Original) The system of claim 10, wherein the solids separation apparatus is a membrane operating system.
12. (Currently Amended) The system of claim 10, wherein the solids separation apparatus is at least one of a clarifier ~~and/or~~ and a settler.

PCT/US2010/41317

13. (Original) The system of claim 9, further comprising a shearing zone including an inlet in communication with the regenerated adsorbent material outlet and an outlet in communication with the adsorbent material inlet of the mixing zone.

14. (Original) The system of claim 13, further comprising an adsorbent material/biomass separation zone including an inlet in communication with the outlet of the shearing zone and an outlet in communication with the adsorbent material inlet of the mixing zone.

15. (Original) The system of claim 9, further comprising an apparatus for shearing and separating biomass from adsorbent material including an inlet in communication with the regenerated adsorbent material outlet and an outlet in communication with the adsorbent material inlet of the mixing zone.

16. (Currently Amended) The system of claim 9, wherein the biological regeneration reactor is constructed and arranged for shearing and separating a biomass from a regenerated adsorbent material.

17. (Currently Amended) The system of claim 9, further comprising an upstream wastewater treatment system that discharges a low concentration wastewater, and wherein the wastewater inlet of the mixing zone is a low concentration wastewater inlet fluidly connectable to the upstream wastewater treatment system.

PCT/US2010/41317

18. (Currently Amended). A wastewater treatment system comprising:

a high flux adsorption system including

an inlet for receiving wastewater comprising contaminants,

a source of adsorbent material for contacting the wastewater and adsorbing the
contaminants from the wastewater to produce an adsorbent material having
contaminants adsorbed thereon and a treated wastewater,

a liquid outlet for discharging a major portion of the ~~received-treated~~
wastewater ~~that has been contacted by the adsorbent material,~~ and

an adsorbent material outlet for discharging the adsorbent material having
~~adsorbed-contaminants~~ adsorbed thereon and a minor portion of the ~~received-treated~~
wastewater; and

a low flux adsorbent material biological regeneration reactor system for maintaining
the adsorbent material having ~~adsorbed-contaminants~~ adsorbed thereon in suspension for a
period of time that is sufficient to allow microorganisms to digest the contaminants adsorbed
~~organic-contaminants thereon,~~ the low flux adsorbent material biological regeneration reactor
system including

a biological regeneration reactor having

an inlet for receiving adsorbent material ~~with-adsorbed-having~~
contaminants adsorbed thereon from the adsorbent material outlet of the high
flux adsorption system,

a mixed liquor outlet, and

an adsorbent material outlet in communication with the source of
adsorbent material of the high flux adsorption system.

PCT/US2010/41317

19. (Currently Amended) The system of claim 18 in which the low flux adsorbent material biological regeneration reactor system further comprises:

a shearing apparatus for shearing ~~excess~~an accumulated biomass from adsorbent material to produce a mixture of a sheared adsorbent material and a free biomass, the shearing apparatus being positioned in at least one location selected from within the biological regeneration reactor ~~and/or~~and

separate from the biological regeneration reactor and connected to the adsorbent material outlet for receiving a regenerated adsorbent material from the biological regeneration reactor;

an adsorbent material/biomass separation zone for separating the free biomass from ~~a~~the mixture of sheared adsorbent material and free biomass to produce a separated sheared adsorbent material and a free biomass;

an adsorbent material conduit for passing the separated sheared adsorbent material from the adsorbent material/biomass separation zone to the high flux adsorption system; and

a biomass conduit for passing ~~separated~~free biomass from the adsorbent material/biomass separation zone to at least one of the biological regeneration reactor ~~or~~and a location downstream of the biological regeneration reactor.

PCT/US2010/41317

20. (Currently Amended) The system of claim 18 in which the low flux adsorbent material biological regeneration reactor system further comprises:

a combined apparatus for shearing and separating an accumulated biomass from a regenerated adsorbent material being positioned in at least one location selected from

within the biological regeneration reactor ~~and/or~~ and

separate from the biological regeneration reactor and connected to the regenerated adsorbent material outlet for receiving the regenerated adsorbent material from the biological regeneration reactor, and having an outlet for discharging a separated sheared adsorbent material and an outlet for discharging a free biomass;

an adsorbent material conduit in communication with the regenerated adsorbent material outlet of the combined apparatus for returning regenerated adsorbent material to the high flux adsorption system; and

a biomass conduit in communication with the outlet for discharging the free biomass ~~outlet~~ of the combined apparatus for passing ~~separated-free~~ biomass to at least one of the biological regeneration reactor ~~or~~ and a location downstream of the biological regeneration reactor.

21. (Original) The system of claim 18, wherein the low flux adsorbent material biological regeneration reactor system further comprises a membrane operating system in fluid communication with the mixed liquor outlet of the biological regeneration reactor.

22. (Currently Amended) The system of claim 18, wherein the low flux adsorbent material biological regeneration reactor system further comprises at least one of a clarifier

PCT/US2010/41317

~~and/or~~ and a settler in fluid communication with the mixed liquor outlet of the biological regeneration reactor.

23. (Original) The system of claim 18, wherein the high flux adsorption system includes a mixing zone and a settling zone.

24. (Original) The system of claim 18, wherein the high flux adsorption system includes an adsorbent material filtration apparatus.

25. (Original) The system of claim 18, wherein the high flux adsorption system includes a continuous backwash filter.

26. (Currently Amended) The system of claim 18, wherein the high flux adsorption system includes at least one of a continuous regenerating filtration system ~~or~~ and a continuous regenerating walnut shell filter.

27. (Currently Amended) The system of claim 18, further comprising an upstream wastewater treatment system that discharges a low concentration wastewater, and wherein the wastewater inlet of the mixing zone is a low concentration wastewater inlet fluidly connectable to the upstream wastewater treatment system.

28. (Currently Amended) The system of claim 18, further comprising a sensor constructed and arranged to measure a parameter of the wastewater treatment system; and

PCT/US2010/41317

a controller in electronic communication with the sensor programmed to instruct performance of an act based on the measured parameter of the system.

29. (Currently Amended) The wastewater treatment system of claim 28, wherein the measured parameter is the concentration of at least one or more predetermined compounds compound.

30. (Currently Amended) The wastewater treatment system of claim 28, wherein the act comprises removing at least a portion of at least one of the adsorbent material having contaminants adsorbed thereon and regenerated adsorbent material from the biological regeneration reactor.

31. (Currently Amended) The wastewater treatment system of claim 28, wherein the act ~~comprise~~ comprises adding adsorbent material to the biological regeneration reactor.

PCT/US2010/41317

REMARKS

The Written Opinion of the International Searching Authority set forth the following determinations with respect to the claims of record:

Novelty (N)	-	Claims: 9-17, 19, 20, 25, 26, 29	Yes
	-	Claims: 1-8, 18, 21-24, 27, 28, 30, 31	No
Inventive Step (IS)	-	Claims: None	Yes
	-	Claims: 1-31	No
Industrial	-	Claims: 1-31	Yes
Applicability (IA)	-	Claims: None	No

An amendment to Claim 1 is presented to specify the existence of contaminants in the influent wastewater, to state the product of the step of mixing ("a mixture of treated wastewater and adsorbent material"), to define the wastewater as "treated wastewater" after the mixing step, to aver the characteristics of the adsorbent material after the mixing step ("adsorbent material having contaminants adsorbed thereon"), to specify the existence of microorganisms in the biological regeneration reactor, to specify the product of the biological regeneration reactor ("a regenerated adsorbent material and a biologically treated water effluent"), and to correct minor errors related to antecedent basis.

An amendment to Claim 18 is presented to specify the existence of contaminants in the wastewater received by the inlet to the high flux adsorption system, to state the purpose of the adsorbent material source ("to produce an adsorbent material having contaminants adsorbed thereon and a treated wastewater"). Clarifying amendments are also made to claim 18.

An amendment to Claim 19 is presented to state the purpose of the shearing apparatus ("to produce a mixture of sheared adsorbent material and a free biomass"). Clarifying amendments are also made to claim 19.

Amendments to claims 2, 4, 6-9, 12, 17, 20, 22, and 26-31 are presented for clarification purposes.

The findings of the International Searching Authority with respect to Claims 1-31 are respectfully traversed. In particular, it is respectfully submitted that all of the claims are directed to subject matter that meets the requirements of novelty and an inventive step over the art of record. The following remarks are offered in support of this conclusion.

The present invention as recited in amended independent Claim 1 is directed to a method for treating wastewater. Influent wastewater comprising contaminants is mixed with

PCT/US2010/41317

adsorbent material in a mixing zone for a time sufficient for adsorption of the contaminants from the wastewater onto the adsorbent material to produce a mixture of treated wastewater and adsorbent material having contaminants adsorbed thereon. The method further comprises separating and removing a major portion of the treated wastewater from the mixture of treated wastewater and adsorbent material having contaminants adsorbed thereon. The adsorbent material, having contaminants adsorbed thereon, is passed to a biological regeneration reactor containing microorganisms, along with a minor portion of the wastewater. The adsorbent material having contaminants adsorbed thereon and the minor portion of the wastewater is retained in suspension in the biological regeneration reactor for a period of time that is sufficient to allow the microorganisms in the biological regeneration reactor to biologically act on at least a portion of the contaminants on the adsorbent material to produce a regenerated adsorbent material and a biologically treated water effluent. The minor portion of water is discharged as biologically treated water effluent from the biological regeneration reactor. Regenerated adsorbent material is recycled to the mixing zone.

The invention of independent Claim 9 is directed to a system for treatment of wastewater that includes a mixing zone, an adsorbent material settling and liquid separation zone, and an adsorbent material biological regeneration reactor system. The mixing zone includes a wastewater inlet, an adsorbent material inlet and a discharge outlet. The adsorbent material settling and liquid separation zone includes a slurry inlet in communication with the discharge outlet of the mixing zone, a treated water outlet, and a contaminated adsorbent material outlet. The adsorbent material biological regeneration reactor system includes a biological regeneration reactor with a contaminated adsorbent material inlet in communication with the contaminated adsorbent material outlet of the adsorbent material settling and liquid separation zone. The adsorbent material biological regeneration reactor system also includes a biologically treated water outlet, and a regenerated adsorbent material outlet in communication with the adsorbent material inlet of the mixing zone.

The invention of independent Claim 18 is directed to a wastewater treatment system that includes a high flux adsorption system and a low flux adsorbent material biological regeneration reactor system. The high flux adsorption system includes an inlet for receiving wastewater comprising contaminants, a source of adsorbent material for contacting the wastewater and adsorbing the contaminants from the wastewater to produce an adsorbent material having contaminants adsorbed thereon and a treated wastewater, a liquid outlet for discharging a major portion of the treated wastewater, and an adsorbent material outlet for discharging the adsorbent material having contaminants adsorbed thereon and a minor

PCT/US2010/41317

portion of the treated wastewater. The low flux adsorbent material biological regeneration reactor system, that maintains the adsorbent material having contaminants adsorbed thereon in suspension for a period of time that is sufficient to allow microorganisms to digest the contaminants adsorbed thereon, includes a biological regeneration reactor with an inlet for receiving adsorbent material having contaminants adsorbed thereon from the adsorbent material outlet of the high flux adsorption system, a mixed liquor outlet, and an adsorbent material outlet in communication with the source of adsorbent material of the high flux adsorption system.

As set forth below, the subject matter of independent process Claim 1, its dependent Claims 2-8, independent system Claim 9, its dependent Claims 10-17, and independent system Claim 18 and its dependent Claim 19-31, respectively, are different from the systems and processes disclosed in U.S. Patent Publication Number 2007/0209999 to Smith et al., and each of these claims are novel and possess significant advantages which constitute an inventive step in the art.

The Written Opinion asserts that Smith et al. discloses all of the features of independent Claims 1 and 18, and that independent Claim 9 lacks inventive step over Smith et al. However, it is respectfully submitted that the Smith et al. reference does not disclose limitations of the system set forth in Claims 9 or 18, or the process steps of Claim 1.

Smith et al., in one embodiment, discloses a wastewater treatment system having a bioreactor, a biomass separator (which can be a membrane bioreactor), an inert solids separator, a powdered activated carbon regeneration unit, and a gross filter screen. In exemplary embodiments, the powdered activated carbon regeneration unit is a wet air oxidation regeneration system that used physical chemical treatment.

In this embodiment disclosed by Smith et al., wastewater is introduced into the first biological treatment tank containing one or more selected bacteria, and powdered activated carbon is initially added to the biological treatment tank. Wastewater entering the biological treatment tank contacts the powdered activated carbon and the bacterial population which digest biodegradable components in the wastewater to produce a mixed liquor. In contrast to the system of the present invention, the entire wastewater stream is *initially subjected to biological treatment*.

PCT/US2010/41317

Process Claims 1-8

It is respectfully submitted that the discussion and citations to Smith et al. in the Written Opinion as related to the adverse finding of anticipation regarding Claim 1 misses the mark in regard to both of the individual process steps of the present claims and their interrelation. For each of the first three steps (i.e., mixing wastewater with adsorbent material, separating and removing a major portion of the wastewater from the mixture, and passing the adsorbent material having contaminants adsorbed thereon and a minor portion of the wastewater to a biological regeneration reactor), paragraphs [0032] and [0037] of the Smith et al. reference were cited. These paragraphs refer to the bioreactor(s), the biological population in the bioreactor, bioreactor conditions (i.e., aerobic or anoxic), and adsorbent material introduction into the bioreactor.

In the process of present Claim 1, the steps of mixing and separating can occur in the same or different unit. For instance, FIG. 6 includes a representation of a high flux adsorbent material system 659, which can be an integrated mixing/settling unit operation. In other embodiments, a mixing zone and an adsorbent material settling and liquid separation zone are provided (e.g., 360 and 370 and 460 and 470 shown in FIGs. 3 and 4, respectively).

In addition, the discussion in the Written Opinion regarding the limitations of the fourth step in Claim 1 of retaining the adsorbent material and wastewater in suspension in a biological regeneration reactor also cites the same paragraphs [0032] and [0037] of Smith et al., along with paragraphs [0028] and [0038]. As noted above, paragraphs [0032] and [0037] refer to the bioreactor(s), the biological population in the bioreactor, bioreactor conditions, and adsorbent material introduction into the bioreactor; paragraphs [0028] and [0038] also refer to the bioreactor and the mode of adding adsorbent material.

In summary, Applicants assert that there is *no teaching or suggestion* in Smith et al. of any steps or arrangement of steps that involve first reducing contaminants from a wastewater stream based on physical phenomenon (i.e., adsorption) followed by biological reaction regeneration of the contaminated adsorbent material (without simultaneously treating a major portion of the initial wastewater influent). Accordingly, because the Smith et al. reference, alone or in combination, does not support the adverse finding of lack of novelty of Claim 1, it should be withdrawn.

Dependent Claims 2-8 containing all of the limitations of Claim 1 were also deemed by the Examiner as lacking an inventive step over the disclosure of Smith et al. Therefore,

PCT/US2010/41317

for at least the same reasons set forth above with respect to Claim 1, withdrawal of the adverse finding regarding Claims 2-8 is also requested.

System Claims 9-17

Furthermore, the discussion and citations to Smith et al. in the Written Opinion as related to the adverse finding of obviousness of independent Claim 9 are respectfully traversed with respect to the claim elements and their interrelation. For each of the first three elements (i.e., a mixing zone, an adsorbent material settling and liquid separation zone and an adsorbent material biological regeneration reactor system in communication with the outlet of the adsorbent material settling and liquid separation zone and the inlet of the mixing zone), paragraphs [0032], [0037], [0071] and [0072] of the Smith et al. reference were cited. Paragraphs [0032] and [0037] refer to the bioreactor(s), the biological population in the bioreactor, bioreactor conditions (i.e., aerobic or anoxic), and adsorbent material introduction into the bioreactor. Paragraphs [0071] and [0072] refer to the transfer of mixed liquor and powdered activated carbon carrying the organics to and from the membrane bioreactor.

In addition, the Written Opinion states that "Smith does not specifically show an adsorbent material settling and liquid separation zone including a slurry inlet in communication with the discharge outlet of the mixing zone, a treated water outlet, and a contaminated adsorbent material outlet." Instead, the Written Opinion relies on paragraphs [0032] and [0033] of Smith et al., which discloses that "one or more separation units suitable for a particular purpose" can be included. It is respectfully submitted that this disclosure is not sufficient to derive the particular elements and interrelations of Claim 9.

Accordingly, Applicants assert that there is *no teaching or suggestion* in Smith et al. of the elements and arrangement of elements include the mixing zone (i.e., for reducing contaminants from a wastewater stream based on physical phenomenon such as adsorption) in communication with an adsorbent material settling and liquid separation zone, which is in communication with an adsorbent material biological regeneration reactor system having a treated water outlet and a regenerated adsorbent material outlet in communication with the adsorbent material inlet of the mixing zone. Therefore, because the Smith et al. reference, alone or in combination, does not support the adverse finding of lack of inventive step of Claim 9, it should be withdrawn.

Dependent Claims 10-17 containing all of the limitations of Claim 9 were also deemed by the Examiner as lacking an inventive step over the disclosure of Smith et al.

PCT/US2010/41317

Therefore, for at least the same reasons set forth above with respect to Claim 9, withdrawal of the adverse finding regarding Claims 10-17 is also requested.

System Claims 18-31

Additionally, the discussion and citations to Smith et al. in the Written Opinion as related to the adverse finding of anticipation of independent Claim 18 are respectfully traversed, particularly with respect to the claim elements and their interrelation. Paragraphs [0032]-[0034] and [0068]-[0073] of the Smith et al. reference were cited in the Written Opinion in the discussion of the high flux adsorption system that is part of Claim 18. Paragraphs [0032], [0037], [0039] and [0068]-[0073] of the Smith et al. reference were cited in the Written Opinion in the discussion of the low flux adsorbent material biological regeneration reactor system that is part of Claim 18.

It is respectfully submitted that the Smith et al. reference citations in the Written Opinion, nor the Smith et al. reference as a whole, teach or suggest the claim elements. Paragraphs [0032]-[0034] refer to the bioreactor(s), separation unit(s) downstream of the bioreactor(s) and sludge dewatering. Paragraphs [0037] and [0039] refer to locations for introduction of adsorbent and adsorption phenomenon. Paragraphs [0068]-[0073] refer to an embodiment of the system described in Smith et al. shown with respect to FIG. 4.

Accordingly, Applicants assert that there is *no disclosure, teaching or suggestion* in Smith et al. of the elements and arrangement of elements include a high flux adsorption system and a low flux adsorbent material biological regeneration reactor system as recited in Claim 18. Therefore, because the Smith et al. reference, alone or in combination, does not support the adverse finding of lack of novelty of Claim 18, it should be withdrawn.

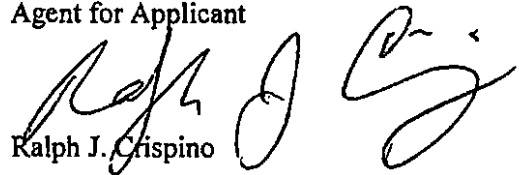
Dependent Claims 19-31 containing all of the limitations of Claim 18 were also deemed by the Examiner as lacking novelty or an inventive step. In particular, Claims 21-24, 27, 28, 30 and 31 were deemed anticipated based on Smith et al., Claims 19, 20 and 29 were deemed to lack an inventive step based on Smith et al., Claims 25 and 26 were deemed to lack an inventive step based on Smith et al. in view of US Patent 5,972,211 to Jones. For at least the same reasons set forth above with respect to Claim 18, withdrawal of the adverse finding regarding Claims 19-31 is also requested.

PCT/US2010/41317

DEMAND FOR PRELIMINARY EXAMINATION FILED

A Demand for Preliminary Examination, together with the requisite fee for entry of this application under Article 34, is being submitted with this Response. Early examination and issuance of a favorable International Preliminary Examination Report are respectfully requested.

Respectfully submitted,
Agent for Applicant


Ralph J. Crispino

ABELMAN, FRAYNE & SCHWAB
666 Third Avenue, 10th floor
New York, New York 10017-5621
Tel: (212) 949-9022
Fax: (212) 949-9190

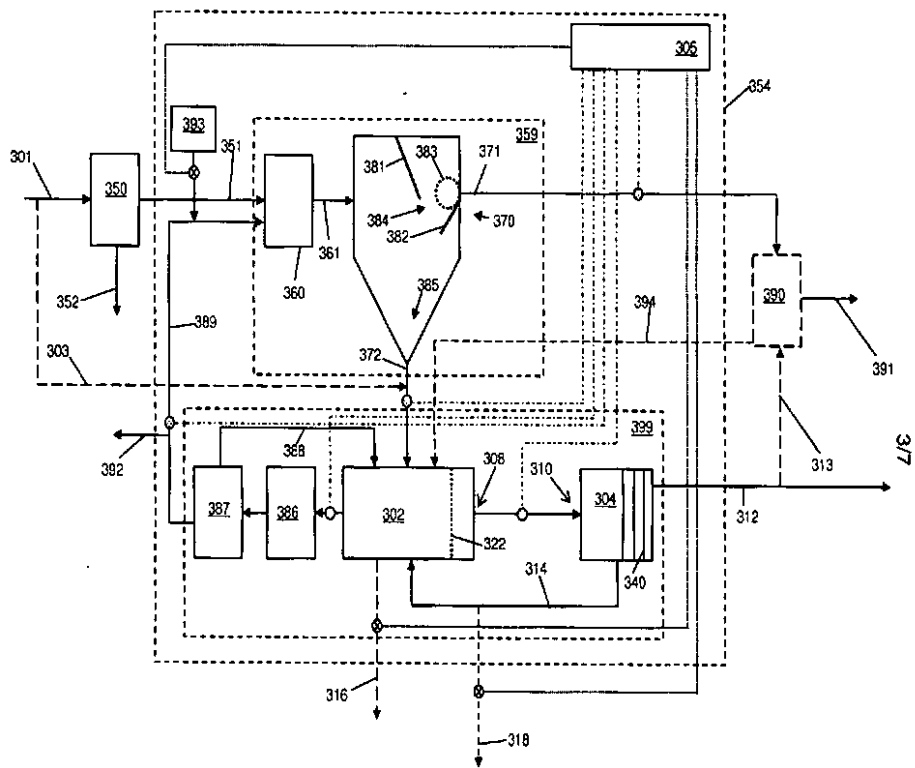


FIG. 3

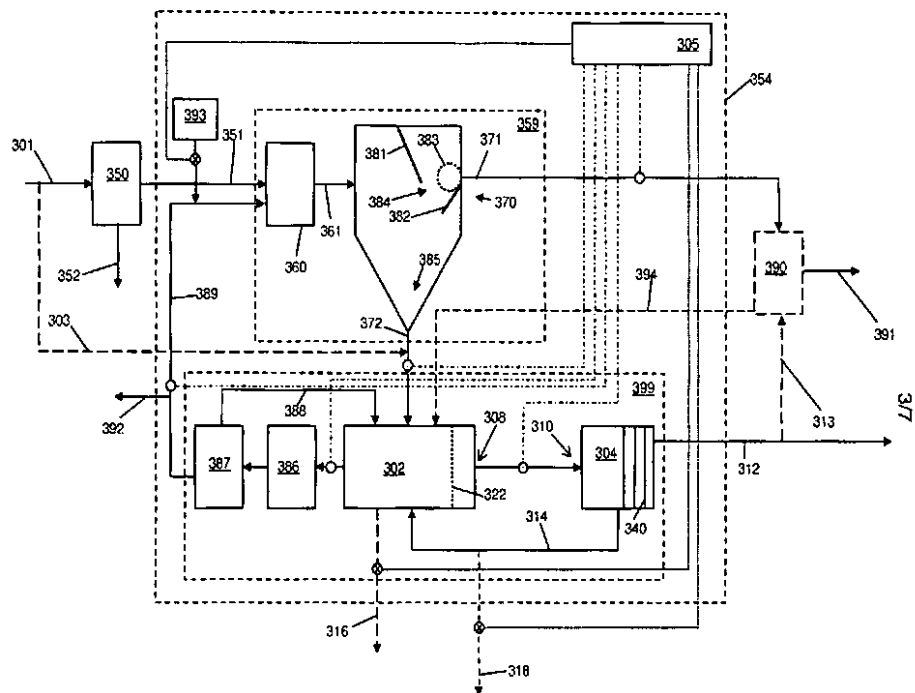


FIG. 3

PATENTE DE INVENCION ☐

MODELO DE UTILIDAD ☐

☐	Indicación que se solicita una patente.
☐	Datos de identificación del solicitante o de la persona que presenta la solicitud
☐	Descripción de la invención
☐	Dibujos de ser estos pertinentes
☐	Comprobante de pago de las tasas establecidas (De ser el caso formato de descuento)
Completa ☐	Incompleta ☐

PATENTE DE INVENCION PCT ☒ MODELO DE UTILIDAD PCT ☐ Art.33 Decisión 486/00, Circular Única

☒	Indicación que se solicita una PCT
☒	Copia de la solicitud en español, tal como fue presentada inicialmente (capítulo descriptivo, reivindicatorio, resumen)
☒	Dibujos de ser estos pertinentes
☒	Comprobante de pago de las tasas establecidas (de ser el caso formato de descuento)
Completa ☒	Incompleta ☐

DISEÑO INDUSTRIAL ☐

(Art. 119 Decisión 486/00)

☐	Indicación que se solicita Diseño industrial
☐	Datos de identificación del solicitante o de la persona que presenta la solicitud
☐	Representación gráfica y fotográfica del Diseño industrial o muestra del material que incorpora el diseño
☐	Comprobante de pago de las tasas establecidas
Completa ☐	Incompleta ☐

ESQUEMA DE TRAZADO ☐

(Art. 92 Decisión 486/00)

☐	Indicación que se solicita un esquema de trazado
☐	Datos de identificación del solicitante o de la persona que presenta la solicitud
☐	Representación gráfica de un esquema de trazado
☐	Comprobante de pago de las tasas establecidas
Completa ☐	Incompleta ☐