

PCT

REPUBLICA DE COLOMBIA

Industria y Comercio
SUPERINTENDENCIA

11-9466

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO
INVENTARIO

PATENTE D

EXPEDIENTE

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO

No. 11-009466-00000-0000

Fecha: 2011-01-28 10:47:41 Dep. 2020 DIR.NUEVASCR
Tra. 11 PATENTE/MI Eve: 378 FASENACIONALI
Act. 411 PRESENTACION Folios: 50

Contiene los documentos relativos a la solicitud de registro de:

Titulo: REACTOR ELECTROBIOQUÍMICO.

Solicitantes : UNIVERSITY OF UTAH RESEARCH
FOUNDATION.

De SALT LAKE CITY, UTAH, USA.

Apoderado: MAURICIO JARAMILLO C.

Bogotá, D.C., Enero de 2011

Indu
20-01-2011

PETITORIO

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO



No. 11-009466-00000-0000

Fecha: 2011-01-28 10:47:41 Dep. 2020 DIR.NUEVASCR
Tra. 11 PATENTEIYII Eve: 378 FASENACIONALI
Act. 411 PRESENTACION Folios: 50

FORMULARIO UNICO D

ENTRADA EN FASENACIONAL

SOLICITUD DE :

1 ☒ Patente de Invención.

☐ Patente

☒ Capitulo I

Titulo II

2 SOLICITANTE (71)

Nombre: UNIVERSITY OF FOUNDATION
Dirección: 615 Arapeen Drive Salt Lake City, UT Estados Unidos
Teléfono:
E-Mail:
Domicilio: Salt Lake City, Utah, 1

ACION

IT

3 REPRESENTANTE O APODERADO

Nombre: MAURICIO JARAMILLO
Dirección: Calle 67 No. 7 - 35 Oficina 126 Colombia
Teléfono: 3192900 Fax: 3210295
E-Mail: mjaramillo@gpzlegal.com

C.E.

Número

☒

NIT

Otro

74.555

4 INVENTOR (ES) (72)

Nombre: 1. ADAMS, Jack
2. MILLER, Jan, D.
3. NEWTON, Nicol
4. NANDURI, Madhuri
5. PEOPLES, Mike
Dirección: 1. 125 St. Moritz Terrace, Park City, UT 84098, USA
2. 1886 Atkin Avenue, Salt Lake City, UT 84106, USA
3. 209 E. Gordon Lane, Apt. 11, Salt Lake City, UT 84107, USA
4. 1127 Meadow Creek, Apt. 251, Irving, TX 75038, USA
5. 127 South 1200 East, Apt.3, Salt Lake City, UT 84102, USA
Domicilio: 1. Park City, Utah, Estados Unidos
2. Salt Lake City, Utah, Estados Unidos.
3. Salt Lake City, Utah, Estados Unidos.
4. Irving, Texas, Estados Unidos.
5. Salt Lake City, Utah, Estados Unidos.

C.C.

NIT.

5 PCT (86)

Solicitud internacional No.: PCT/US2009/043830 Fecha: 13/05/2009

Publicación Internacional No.: WO/2010/002503 Fecha: 07/01/2010

6 TITULO (54)

REACTOR ELECTROBIOQUÍMICO

7 Clasificación Internacional (51): C12M 1/42 (2006.01), C12M 1/33 (2006.01)

8 Prioridad

(33) País de Origen

(32) Fecha

(31) Número de Solicitud

SI ☒ NO ☐

Estados Unidos

30/06/2008

61/076,873

9 Comprobante de pago No. Fecha:

10

ANEXOS

- ☒ Comprobante de pago de la tasa de presentación de la solicitud
- ☐ Documento que acredite 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
- ☐ Declaraciones
- ☒ Copia de la solicitud internacional (resumen, descripción, reivindicaciones, dibujos)
- ☒ Traducción simple de la primera solicitud, si se reivindica prioridad
- ☐ 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 12 x 12
- ☐ De ser el caso, información sobre otras solicitudes de patente o títulos 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

11 FIGURA CARACTERÍSTICA

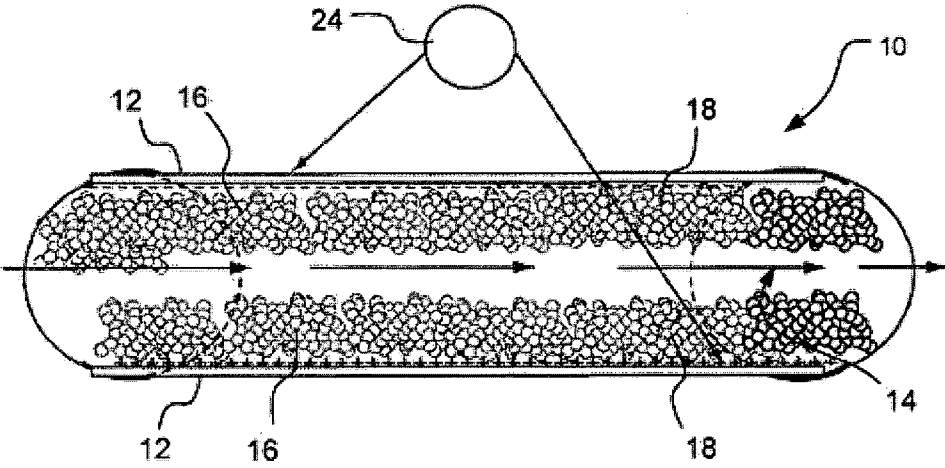


FIG. 5

12 Solicito la concesión de la patente

Nombre: MAURICIO JARAMILLO CAMPUZANO

Firma:

C.C. 80.421.942 de Usaquén T.P. 74.555 C.S.Jra.

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO

NIT : 800.176.089-2

- / -

Industria y Comercio
SUPERINTENDENCIA

RECIBO DE CAJA

No. 11 - 007022

Bogotá D.C., Enero 26 de 2011 - 11:04:21

RECIBIDO DE : GOMEZ PINZON ASEMARCAS S.A.

NI 830.121.797

*** Soporte del Pago ***

TIPO PAGO	BANCO	CUENTA	No. PAGO	FECHA PAGO	VR. PAGO
CONSIGNACION	BANCO POPULAR	050-00024-9	144527342	25/01/2011	3.719.000.00

*** Conceptos Pagados ***

CANT.	RENTISTICO	CONCEPTO	Vr. UNDITARIO	Vr. CONCEPTO
1	50005-01-01 SOLICITUDES	1 TRAMITES DE SOL. DE PATENTE DE INVENCIÓN	571.000.00	571.000.00
				\$571.000.00
			=====	

SON: **QUINIENTOS SETENTA Y UN MIL PESOS MONEDA CORRIENTE***

Responsable: _____

Recibo de Caja Aplicado al Expediente No. _____

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO



No. 11-009466- -00000-0000

Fecha: 2011-01-28 10:47:41 Dep. 2020 DIR.NUEVASCR
Tra. 11 PATENTEIYII Eve: 378 FASENACIONALI
Act. 411 PRESENTACION Folios: 50

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

Web: www.sic.gov.co e-mai: info@sic.gov.co Conmutador: (571) 5870000 Fax: (571) 5870284 Linea: 018000-910165 Call Center: (571) 6513240

, Enero 26 de 2011 - 11:04:22

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO

NIT : 800.176.089-2

- / -



Industria y Comercio
SUPERINTENDENCIA

RECIBO DE CAJA

No. 11 - 007020

Bogotá D.C., Enero 26 de 2011 - 11:04:21

RECIBIDO DE : GOMEZ PINZON ASEMARCAS S.A.

NI 830.121.797

*** Soporte del Pago ***

TIPO PAGO	BANCO	CUENTA	No. PAGO	FECHA PAGO	VR PAGO
CONSIGNACION	BANCO POPULAR	050-00024-9	144527342	25/01/2011	3.719.000.00

*** Conceptos Pagados ***

CANT. RENTISTICO	CONCEPTO	Vr. UNDITARIO	Vr. CONCEPTO
1 50005-01-01 SOLICITUDES	115 PTC CAP-II EXAMEN DE PATENTIBILIDAD DE MODELO DE UTILID	324.000.00	324.000.00
			\$324.000.00

SON: **TRESCIENTOS VEINTICUATRO MIL PESOS MONEDA CORRIENTE***

Responsable: _____

Recibo de Caja Aplicado al Expediente No. _____

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO



No. 11-009466-00000-0000

Fecha: 2011-01-28 10:47:41

Tra. 11 PATENTEIYII

Act. 411 PRESENTACION

Dep. 2020 DIR.NUEVASCR

Eve: 378 FASENACIONALI

Folios: 50

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

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

, Enero 26 de 2011 - 11:04:22

 Industria y Comercio SUPERINTENDENCIA EXTRACTO PARA PUBLICACIÓN ☐ Patente de Invención ☐ Patente modelo de utilidad ☒ PCT	
(21) No. de solicitud:	(51) int. Cl: C12M 1/42 (2006.01), C12M 1/33 (2006.01)
(22) Fecha de solicitud:	(71) Solicitante(s): UNIVERSITY OF UTAH RESEARCH FOUNDATION
(30) Prioridad:	(72) Inventor(es): 1. ADAMS, Jack 2. MILLER, Jan, D. 3. NEWTON, Nicol 4. NANDURI, Madhuri 5. PEOPLES, Mike
(31) No. Prioridad: 61/076,873	
(32) Fecha: 30/06/2008	
(33) País: Estados Unidos	(74) Apoderado(s): MAURICIO JARAMILLO C.
(54) Título: REACTOR ELECTROBIOQUÍMICO	
Las casillas identificadas con 85, 86 y 87 sólo aplican para PCT	
(85) Fecha límite inicio Fase Nacional: 30/01/2011	
(86) Datos relativos a la presentación de la solicitud PCT Fecha: 13/05/2009 No. de solicitud PCT: PCT/US2009/043830	(87) Publicación internacional Fecha: 07/01/2010 No. Publicación: WO/2010/002503

Resumen reivindicación (es):

Un método para retirar un compuesto objetivo de un líquido puede incluir disponer dos superficies activas a fin de estar separadas por una distancia. Las superficies activas pueden colocarse dentro de un flujo del líquido y pueden ser capaces de soportar una carga eléctrica, el crecimiento biológico y/o enzimas y proteínas. El método puede incluir además desarrollar una población de microorganismos concentrados sobre las superficies activas en donde la población de microorganismos se configura o es capaz de la transformación de los compuestos objetivos. El método puede incluir además desarrollar enzimas o proteínas concentradas sobre las superficies activas, en donde las enzimas o proteínas se configuran o son capaces de la transformación de los compuestos objetivo. El método puede incluir además aplicar una diferencia de potencial entre las dos superficies activas. Los microorganismos y la diferencia de potencial pueden ser suficientes en combinación y/o con nutrientes específicos, para retirar el compuesto objetivo del líquido y mantener la población de microorganismos. Las enzimas y proteínas y la diferencia de potencial pueden ser suficientes en combinación, para retirar el compuesto objetivo del líquido.

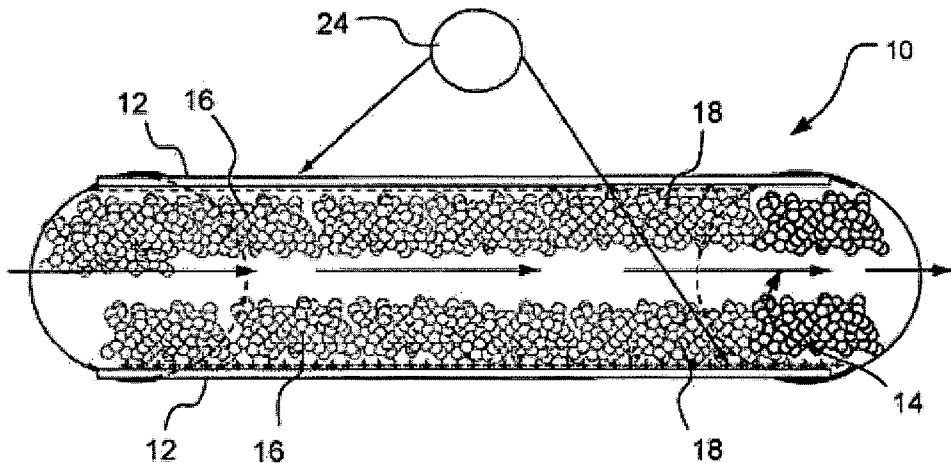


FIG. 5



(51) International Patent Classification:
C12M 1/42 (2006.01) C12M 1/33 (2006.01)

(21) International Application Number:
PCT/US2009/043830

(22) International Filing Date:
13 May 2009 (13.05.2009)

(25) Filing Language: English

(26) Publication Language: English

(30) Priority Data:
61/076,873 30 June 2008 (30.06.2008) US

(71) Applicant (for all designated States except US): UNIVERSITY OF UTAH RESEARCH FOUNDATION [US/US]; 615 Arapen Drive, Ste. 310, Salt Lake City, UT 84108 (US).

(72) Inventors; and

(75) Inventors/Applicants (for US only): ADAMS, Jack [US/US]; 125 St. Moritz Terrace, Park City, UT 84098 (US). MILLER, Jan, D. [US/US]; 1886 Atkin Avenue, Salt Lake City, UT 84106 (US). NEWTON, Nicol [US/US]; 209 E. Gordon Lane, Apt. 11, Salt Lake City, UT 84107 (US). NANDURI, Madhuri [US/US]; 1127 Meadow Creek, Apt. 251, Irving, TX 75038 (US). PEOPLES, Mike [US/US]; 127 South 1200 East, Apt.3, Salt Lake City, UT 84102 (US).

(74) Agents: ERICKSEN, Erik, S. et al.; Thorpe North & Western LLP, P.O. Box 1219, Sandy, UT 84091-1219 (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, 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, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, 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, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), Eurasian (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), European (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, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Published:

— without international search report and to be republished upon receipt of that report (Rule 48.2(g))

(54) Title: ELECTROBIOCHEMICAL REACTOR

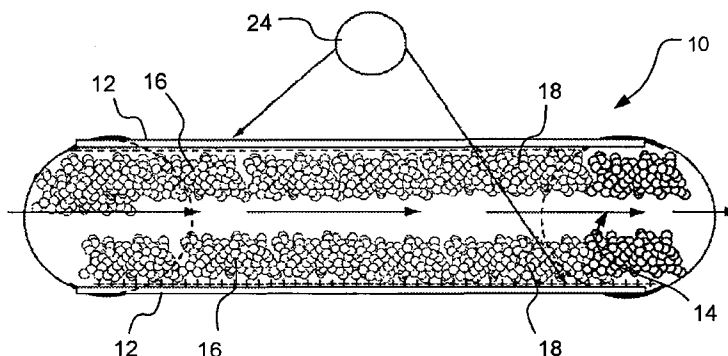


FIG. 5

(57) Abstract: A method for removing a target compound from a liquid can include arranging two active surfaces so as to be separated by a distance. The active surfaces can be placed within a flow of the liquid and can be capable of supporting an electrical charge, biological growth, and/or enzymes and proteins. The method can further include developing a population of microorganisms concentrated on the active surfaces where the population of microorganisms is configured to or capable of transformation of the target compounds. The method can further include developing enzymes or proteins concentrated on the active surfaces where the enzymes or proteins are configured to or capable of transformation of the target compounds. The method can further include applying a potential difference between the two active surfaces. The microorganisms and the potential difference can be sufficient in combination and/or with specific nutrients to remove the target compound from the liquid and maintain the population of microorganisms. The enzymes and proteins and the potential difference can be sufficient in combination to remove the target compound from the liquid.

REACTOR ELECTROBIOQUÍMICO

SOLICITUD RELACIONADA

Esta solicitud reivindica el beneficio de la
5 Solicitud de Patente Provisional de los Estados Unidos
Cependiente Serie No. 61/076,873 presentada el 30 de Junio de
2008, la cual se incorpora en la presente mediante la
referencia en su totalidad.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

10 Los metales y otros inorgánicos como arsénico,
selenio, mercurio, cadmio, cromo, nitrógeno, etc., son
difíciles de retirar a niveles que cumplan con el agua
potable corriente y los criterios de descarga en muchos
países. Por ejemplo, en los Estados Unidos, el nivel máximo
15 de arsénico en 2006 para aguas potables se estableció en 10
ppb; esto puede en poco tiempo ser el caso en otros países.
Los niveles máximos contaminantes (MCL) de metales en el agua
potable en los Estados Unidos pueden variar de 0.0005 hasta
10 mg/l, y pueden ser aún inferiores. Los metales e
20 inorgánicos comúnmente regulados incluyen el antimonio,
arsénico, asbestos, bario, berilio, cadmio, cromo, cobre,
cianuro, flúor, plomo, mercurio, nitrato, nitrito, selenio y
talio.

Existen varias clases de métodos de tratamiento
25 para el retiro de metales, inorgánicos y orgánicos. Las

tecnologías utilizadas para tratar suelos, desechos y agua contaminados con metal y con inorgánicos, incluyen principalmente: solidificación/estabilización, vitrificación, lavado de suelos/extracción de ácido, ósmosis inversa, intercambio iónico, tratamientos biológicos, separaciones físicas, recuperación pirometalúrgica y lavado de suelos in situ por tecnologías de tratamiento de contaminantes de suelos y desechos. La precipitación/co-precipitación, la filtración por membrana, adsorción, el intercambio iónico y las barreras reactivas permeables son las tecnologías de tratamiento más comunes para tratar agua contaminada, mientras que la electrocinética, la fitocorrección, con el tratamiento biológico son la tecnología común de tratamiento para retirar los contaminantes en suelos, aguas de desecho y aguas potables.

SUMARIO DE LA INVENCION

Un método para retirar un compuesto objetivo de un líquido puede incluir disponer dos superficies activas a fin de estar separadas por una distancia predeterminada. Las superficies activas pueden colocarse dentro de un flujo del líquido y pueden ser capaces de soportar una carga eléctrica y crecimiento biológico. El método puede incluir además desarrollar una población de microorganismos concentrados sobre las superficies activas en donde la población de microorganismos se configura o es capaz de actuar,

transformar o unirse al compuesto objetivo. El método puede incluir además aplicar una diferencia de potencial entre las dos superficies activas. Los microorganismos y la diferencia de potencial pueden ser suficientes en combinación para
5 retirar el compuesto objetivo del líquido y mantener la población de microorganismos.

Adicionalmente, el sistema para retirar un compuesto objetivo de un líquido puede incluir dos superficies activas dispuestas a una distancia de separación,
10 y sustancialmente paralelas entre sí. Puede conectarse operativamente una fuente eléctrica a cada una de las superficies activas en una manera a fin de proporcionar una diferencia de potencial entre las dos superficies activas. En otra configuración, la población de microorganismos puede
15 estar presente sobre cada una de las dos superficies activas. Adicionalmente, el sistema puede incluir una trayectoria de flujo suficiente para dirigir la mayor parte del líquido para hacer contacto con cada superficie activa y suficiente para dirigir la mayor parte del líquido a través de la distancia.

20 Las características más importantes de la invención se han delineado, más bien de manera amplia, de manera que pueda entenderse mejor la siguiente descripción detallada de la misma, y de manera que pueda apreciarse mejor la presente contribución a la técnica. Otras características de la
25 presente invención se volverán más claras a partir de la

siguiente descripción detallada de la invención, tomada con los dibujos y reivindicaciones acompañantes, o puede aprenderse mediante la práctica de la invención.

DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

5 La Figura 1 es un diagrama de predominio para la precipitación de As_2S_3 en equilibrio con diversas especies químicas como se reporta en la literatura.

La Figura 2 es un diagrama de Eh-pH para diversas especies de arsénico.

10 La Figura 3 es un diagrama de Eh-pH para sistemas $\text{N}_2\text{-O}_2\text{-H}_2\text{O}$.

Las Figuras 4A y 4B son diagramas de Eh-pH para diversos sistemas de selenio.

15 La Figura 5 es un reactor electrobioquímico que tiene un canal abierto que fluye paralelo hacia y más allá de los electrodos cargados de acuerdo con una modalidad de la presente invención.

20 La Figura 6 es un reactor electrobioquímico que tiene un lecho de material conductivo de gran área superficial permeable a la solución en un canal que fluye perpendicular y a través de los electrodos cargados de acuerdo con otra modalidad de la presente invención.

25 Las Figuras 7A y 7B son una representación de un sistema de reactor electrobioquímico probado sin (7A) y con potencial aplicado (7B) y utilizado para evaluar el retiro de

arsénico de acuerdo con una modalidad de la presente invención.

Las Figuras 8A y 8B son una representación de un sistema de reactor electrobioquímico probado con (8A) y sin
5 (8B) el potencial aplicado para evaluar el retiro de selenio de acuerdo con una modalidad de la presente invención.

La Figura 9 es una gráfica de los potenciales medidos a través del EBR y el biorreactor convencional utilizado para retirar arsénico de las aguas de prueba.

10 La Figura 10 es una gráfica del retiro de arsénico de diversas soluciones de prueba que compara el EBR con un reactor construido de manera similar operado sin voltaje aplicado.

La Figura 11 es una gráfica del retiro de selenio a
15 partir de diversas aguas de mina utilizando un biorreactor convencional de dos etapas sin potencial aplicado y un tiempo de retención de 44 horas y un EBR de una sola etapa con un tiempo de retención de 22 horas y un potencial aplicado de 3 voltios.

20

DESCRIPCIÓN DETALLADA

Ahora se hará referencia a las modalidades ejemplares, y se utilizará en la presente el lenguaje específico para describir la misma. Si embargo se entenderá que no se pretende limitar así el alcance de la invención.
25 Los cambios y modificaciones adicionales de las

características inventivas ilustradas en la presente, y las aplicaciones adicionales de los principios de la invención como se ilustran en la presente, que puedan ocurrírsele a alguien con experiencia en la técnica relevante y que tenga
5 posesión de esta descripción, se consideran dentro del alcance de la invención.

Definiciones

Al describir y reivindicar la presente invención, se utilizará la siguiente terminología de acuerdo con las
10 definiciones establecidas a continuación.

Debe notarse que, como se utiliza en esta especificación y reivindicaciones anexas, las formas singulares "un", "una" y "el" incluyen los referentes plurales a menos que el contexto claramente lo dicte de otro
15 modo. Así, por ejemplo, la referencia a "una superficie activa" incluye una o más de tales superficies activas y la referencia a "una etapa de desarrollo" incluye la referencia a una o más de tales etapas.

Como se utiliza en la presente, "sustancial" cuando
20 se utiliza con referencia a una cantidad o magnitud de un material, o una característica específica del mismo, se refiere a la cantidad que es suficiente para proporcionar el efecto para el que el material o característica fue destinado a proporcionar. El grado exacto de desviación permisible
25 puede en algunos casos depender del contexto específico. De

manera similar, "sustancialmente libre de" o lo similar se refiere a la falta de un material, característica, elemento o agente identificado en una composición. Particularmente, los elementos que se identifican como estando "sustancialmente
5 libres de" son ya sea los que se encuentren completamente ausentes de la composición o se incluyan solo en cantidades que son lo suficientemente pequeñas para no tener un efecto medible sobre la composición.

Como se utiliza en la presente una pluralidad de
10 elementos, elementos estructurales, elementos composicionales y/o materiales pueden presentarse en un listado común por conveniencia. Sin embargo, estas listas deben interpretarse considerando que cada miembro de la lista se identifica individualmente como un miembro separado y único. Así,
15 ningún miembro individual de tal lista debe entenderse como un equivalente de facto de cualquier otro miembro de la misma lista en base únicamente a su presentación en un grupo común sin indicaciones de lo contrario.

Las concentraciones, cantidades, grosores,
20 parámetros, volúmenes y otros datos numéricos pueden expresarse o presentarse en la presente en un formato de rangos. Debe entenderse que tal formato de rangos se utiliza únicamente por conveniencia y brevedad y así debe interpretarse flexiblemente para incluir no solo los valores
25 numéricos explícitamente citados como los límites del rango,

sino también para incluir todos los valores numéricos individuales o sub-rangos que se abarcan dentro del rango como si cada valor numérico y sub-rango se citara explícitamente. Como una ilustración, un rango numérico de 5 "aproximadamente 1 hasta aproximadamente 5" debe interpretarse que incluye no solo los valores explícitamente citados de aproximadamente 1 hasta aproximadamente 5, sino también se incluyen los valores individuales y sub-rangos dentro del rango indicado. Así, incluidos en este rango 10 numérico se encuentran los valores individuales tales como 2, 3, y 4 y los sub-rangos tales como de 1-3, de 2-4 y de 3-5, etc. Este mismo principio se aplica a los rangos que citan solo un valor numérico. Además, tal interpretación debe aplicarse independientemente de la amplitud del rango o las 15 características a describirse.

Modalidades de la Invención

Un método mejorado para retirar un compuesto objetivo de un líquido puede incluir disponer dos superficies activas a fin de estar separadas por una distancia. Las 20 superficies activas pueden colocarse dentro de un flujo del líquido y pueden ser capaces de soportar una carga eléctrica y el crecimiento biológico. El método puede incluir además desarrollar una población de microorganismos concentrados sobre las superficies activas en donde la población de 25 microorganismos se configura o es capaz de actuar o

transformar el compuesto objetivo. El método puede incluir además aplicar una diferencia de potencial entre las dos superficies activas. Los microorganismos y la diferencia de potencial pueden ser suficientes en combinación para retirar
5 el compuesto objetivo del líquido y mantener la población de microorganismos.

En un aspecto, el compuesto o compuestos objetivo se recuperan del líquido. El método puede utilizarse para retirar uno o una pluralidad de compuestos objetivo. Las
10 superficies activas pueden ser las mismas o diferentes y pueden comprender un material homogéneo o un material heterogéneo. En una modalidad, las dos superficies activas comprenden o consisten esencialmente de diversas formas de carbón activado. La etapa de desarrollar una población de
15 microorganismos puede ocurrir antes o después de la etapa de aplicar una diferencia de potencial. La diferencia de potencial puede ajustarse para optimizar los resultados, aunque el potencial sea relativamente bajo. Como un lineamiento general, el voltaje puede ser desde
20 aproximadamente 1 hasta aproximadamente 110 V, y con frecuencia desde aproximadamente 1 hasta aproximadamente 10 V.

La cantidad de voltaje que puede aplicarse generalmente depende de la aplicación, pero debe variar entre
25 la cantidad mínima que efectúa una mejora en el retiro o

recuperación del compuesto objetivo, y un rango más alto que es menor a la cantidad que dañe o reduzca la población de microorganismos. Aunque existen aplicaciones de tratamiento de agua en donde se utiliza el voltaje para reducir o
5 eliminar microorganismos, la presente aplicación de voltaje es para mejorar la actividad de la población de microorganismos para retirar los compuestos objetivo, y como tal, un voltaje suficiente para ocasionar el daño a la población de microorganismos disminuye inherentemente la
10 eficacia del sistema. Las variaciones del tamaño del reactor, en los microorganismos particulares utilizados y en otros parámetros del diseño del reactor pueden afectar la cantidad del voltaje que es óptima.

Las superficies cargadas descritas en la presente
15 pueden tener un gran área de superficie y pueden incluir o consistir esencialmente de carbón activado, metal y/o grupo funcional de carbón activado impregnado, metales tales como platino, grafito y muchas otras aleaciones metálicas, geles y plásticos conductivos en múltiples configuraciones. Las
20 configuraciones de electrodos pueden incluir varillas de electrodos, placas, telas, gránulos, etc., presentes en configuraciones de gran área de superficie. Estos materiales también pueden contener bacterias inmovilizadas, incorporadas o unidas y/o microbios o materiales microbianos específicos,
25 tales como proteínas y enzimas conocidas por su capacidad

para unir, transformar o degradar diversos metales, inorgánicos u orgánicos.

El voltaje aplicado provee un suministro continuo de electrones y un colector de electrones que permite a las
5 biopelículas microbianas o superficies impregnadas de enzimas retirar o transformar los contaminantes de manera más efectiva.

Adicionalmente, un sistema para retirar un compuesto objetivo de un líquido puede incluir dos
10 superficies activas dispuestas a una distancia de separación y sustancialmente paralelas entre sí. Puede conectarse operativamente una fuente eléctrica hacia cada una de las superficies activas en una manera a fin de proporcionar una diferencia de potencial entre las dos superficies activas.
15 La población de microorganismos puede estar sobre cada una de las dos superficies activas. Adicionalmente, el sistema puede incluir una trayectoria de flujo suficiente para dirigir la mayor parte del líquido para hacer contacto con cada superficie activa y suficiente para dirigir la mayor
20 parte del líquido a través de la distancia. En un aspecto, el sistema puede instalarse in situ. En un aspecto adicional, la instalación in situ puede incluir una corriente u otro cuerpo de agua fluyente, en donde la corriente natural del cuerpo fluyente proporciona la trayectoria de flujo. En
25 otro ejemplo, el sistema puede ser parte de una barrera

reactiva permeable que trata el agua de desecho del subsuelo a lo largo de una columna de agua, porciones de una capa freática o lo similar.

Los microorganismos pueden actuar para corregir un compuesto objetivo. Los componentes, nutrientes de una solución inorgánica, incluyendo fuentes de carbón o energía (e.g., malazas, extracto de levadura, proteínas y lo similar), pueden en ocasiones ser un material limitado para la síntesis y crecimiento celular microbiano. Los principales nutrientes inorgánicos necesarios por los microorganismos son N, S, P, K, Mg, Ca, Mg, K, Fe, Na y Cl. En una modalidad, los microbios pueden convertir nitratos o nitritos a gas de nitrógeno utilizándolos como aceptores de electrones terminales. El exceso de nitrato o nitrito presente recibe los electrones del sistema. En otra modalidad, los seleniatos y selenitas se reducen a selenio elemental. En aún otra modalidad, As(V) puede reducirse a As(III) y, en la presencia de sulfuros, As(III) puede precipitarse como As_2S_3 , como se muestra en la Figura 1. Como tal, la presente invención proporciona reactores electrobioquímicos que pueden crear condiciones reductivas suficientes de tal manera que estos inorgánicos se conviertan a formas insolubles o se degraden a dióxido de carbono y otros gases, e.g., nitrógeno.

Generalmente, los procesos redox pueden mediar

por microorganismos, que sirven como catalizadores para acelerar las reacciones. Estos microorganismos, incluyendo muchas bacterias, pueden utilizar reacciones redox en sus procesos respiratorios. En ambientes ricos en oxígeno, el oxígeno puede ser el aceptor natural de electrones, pero también pueden utilizarse otros aceptores de electrones y generalmente seguirán un orden distinto cuando el aceptor de electrones previo se ha consumido o casi se ha consumido en base a su potencial redox. Como un lineamiento, el orden se basa en la cantidad de energía disponible para el sistema proveniente del aceptor de electrones. Por ejemplo, el oxígeno proporciona la más alta cantidad de energía para el sistema; el nitrato proporciona una cantidad ligeramente menor. Esto se muestra en la Tabla 2.

El término redox representa un gran número de reacciones químicas que involucran la transferencia de electrones. Cuando una sustancia se oxida, transfiere electrones a otra sustancia, la cual se reduce entonces. El punto en el cual puede tener lugar una reacción dada se determina por la diferencia de potencial eléctrico o el potencial redox (E_h) en el agua; algunas reacciones liberan energía, otras requieren de la entrada de energía. El potencial redox y el pH pueden ser factores importantes que controlan la especiación y movilización inorgánica. Un diagrama de E_h -pH para el arsénico se muestra en la Figura 2.

El diagrama representa las condiciones de equilibrio del arsénico bajo diversos potenciales redox y pH. El arseniato [As(V)] es dominante en agua oxigenada, el cual tiende a inducir altos valores Eh, mientras que el arseniato [As(III)] es dominante en agua no oxigenada. La conversión de As(V) a As(III) puede tomar un largo tiempo debido a los procesos biogeoquímicos en el ambiente. Esta puede ser una de las razones del porqué As(V) puede encontrarse en algunas aguas anóxicas.

La secuencia inicia con el consumo de O_2 y subsecuentemente se utiliza NO_3^- . Los óxidos mangánicos se disuelven mediante la reducción de Mn^{2+} y subsecuentemente se produce NH_4^+ a través de la amonificación. Así, en la ausencia oxígeno, los nitratos se degeneran fácilmente a gas de nitrógeno cuando se utilizan como aceptores de electrones.

Estos procesos pueden seguirse mediante la reducción de óxidos de hierro hidratados a Fe^{2+} . Finalmente, SO_4^{2-} puede reducirse a H_2S y se produce CH_4 a partir de la fermentación y metanogenesis. La reducción de As(V) se espera que ocurra normalmente después de la reducción de Fe(III)-óxido, pero antes de la reducción de SO_4^{2-} . La información termodinámica describe solo el sistema en equilibrio e indica en general la dirección en la cual se moverá el sistema sin equilibrio.

La Figura 3 proporciona un diagrama de estabilidad

de Eh-pH para el nitrato. Generalmente, el nitrato (NO_3^-) puede estar presente en cantidades significativas en aguas que contienen oxígeno libre. Adicionalmente, el ión de amonio y el amoníaco pueden estar presentes en aguas muy
5 reducidas. El ciclo del nitrógeno puede ser bastante complicado y aunque no se muestra por el diagrama de equilibrio de Eh-pH, puede ocurrir la transformación entre los diversos estados de oxidación casi totalmente bajo la influencia de microbios. La Figura 4 proporciona un diagrama
10 de Eh-pH para el selenio y selenio-hierro, respectivamente. Como se muestra a partir de las Figuras 3 y 4, los presentes reactores electrobioquímicos pueden utilizar ventajosamente los potenciales redox para corregir los compuestos objetivo a través de las reacciones con microorganismos, como se trató
15 previamente.

La reducción de otras especies puede lograrse utilizando mecanismos de reducción similares. La Tabla 1 ilustra una muestra de algunos mecanismos de reducción ejemplares que pueden ocurrir bajo las condiciones de la
20 presente invención.

Tabla 1

	Reacción	E_h (V)	ΔG
	Reducción de O_2		
5	$O_2 + 4H^+ + 4e^- \rightarrow 2H_2O$	+0.812	-29.9
	Reducción de NO_3^-		
	$2NO_3^- + 6H^+ + 6e^- \rightarrow N_2 + 3H_2O$	+0.747	-28.4
	Reducción de Mn^{4+}		
	$MnO_2 + 4H^+ + 2e^- \rightarrow Mn^{2+} + 2H_2O$	+0.526	-23.3
10	Reducción de Fe^{3+}		
	$Fe(OH)_3 + 3H^+ + e^- \rightarrow Fe^{2+} + 3H_2O$	-0.047	-10.1
	Reducción de SO_4^{2-}		
	$SO_4^{2-} + 10H^+ + 8e^- \rightarrow H_2S + 4H_2O$	-0.221	-5.9
	Reducción de CO_2		
15	$CO_2 + 8H^+ + 8e^- \rightarrow CH_4 + 2H_2O$	-0.244	-5.6

Aunque no se propone la limitación, estos mecanismos incluyen la respiración, desnitrificación, reducción de manganeso, amonificación, reducción de hierro, reducción de sulfato y metanogenesis respectivamente.

20 La presente invención puede orientarse hacia un químico objetivo específico en un fluido y puede proporcionar consideraciones de diseño específicas para retirar el químico objetivo, así como el equipo específico que puede utilizarse. Sin embargo, debe entenderse que, aunque las modalidades
25 tratadas en la descripción pueden ser específicas, la

aplicabilidad del método y equipo puede utilizarse para numerosos compuestos objetivo. En efecto, El presente método y equipo descritos en la presente pueden aplicarse igualmente para objetivar y retirar diversos compuestos objetivo de un fluido, en donde los microorganismos y la diferencia de potencial juntos afectan la preparación de los compuestos químicos, la solubilidad, dispersibilidad, unión y/o transformación o de otro modo mejoran el retiro o recuperación del compuesto o compuestos objetivos. Por ejemplo, en una modalidad, los presentes reactores electrobioquímicos pueden tratar aguas residuales de minas que contienen nitrato-N y arsénico.

Como se anotó previamente, un sistema para retirar un compuesto objetivo de un líquido puede incluir dos superficies activas dispuestas a una distancia de separación, y sustancialmente paralelas entre sí. Dos configuraciones no limitantes de reactores electrobioquímicos de la presente invención se muestran en las Figuras 5 y 6. La Figura 5 muestra un reactor de gasto tipo pistón 10 que tiene placas de electrodos paralelas 12 orientadas en paralelo a la dirección del flujo del fluido 14. Estos electrodos incluyen un material de gran área de superficie 16 eléctricamente conductivo, que soporta el crecimiento de los microorganismos 18 deseados. La Figura 6 ilustra otra configuración de gasto tipo pistón 20 en donde los electrodos 12 se orientan

perpendiculares a la dirección de flujo del fluido 22. Una entrada 23 de la solución alimentada puede introducir el fluido hacia el reactor 20 y el fluido tratado que tiene una concentración reducida del compuesto objetivo puede retirarse a través de la línea de efluentes 25. En este caso, el fluido a tratarse fluye a través de los electrodos en contraste a la modalidad de la Figura 5 en donde el fluido fluye más allá o a lo largo de los electrodos.

Las superficies activas puede ser de cualquier material que tenga una gran área de superficie que pueda soportar una carga eléctrica (conductiva) y pueda soportar además el crecimiento de microorganismos. Además, en una modalidad, la superficie activa puede ser moderadamente resistente al taponamiento, sobrecrecimiento y/o descomposición. Como un lineamiento muy general, los materiales adecuados para la superficie activa pueden incluir, pero no se limitan en ninguna forma, a plásticos, zeolitas, silicatos, carbones activados, almidones, ligninas, celulosas, materiales vegetales, materiales animales, biomateriales y combinaciones de los mismos. En otra modalidad específica de la presente invención, el sustrato puede ser un material mesoporoso. Las superficies de carbón activado y/o materiales que contienen platino, incluyendo carbones activados, pueden ser materiales efectivos para utilizarse como las superficies conductivas primarias. Estas

superficies primarias pueden estar en contacto con otros materiales de grandes áreas de superficie conductivas más económicos, e.g., materiales de grandes áreas de superficie conductivos secundarios, proporcionando una gran área de superficie extendida para la transformación y/o unión de contaminantes. Por ejemplo, los materiales impregnados de plásticos, biopolímeros, piedra pómez, aluminio o hierro pueden utilizarse como el material de sustrato primario y/o secundario. Los materiales de soporte biológicos pueden tener grupos funcionales, que se seleccionan y optimizan para retirar un material objetivo particular. Por ejemplo, y a fin de incrementar la basicidad, los grupos de hidrógeno inactivo, carboxilo, lactona, fenol, carbonilo, éter, pirona, y cromeno son ejemplos no limitantes de grupos funcionales adecuados para un material de soporte biológico de acuerdo con la presente invención.

Puede conectarse operativamente una fuente eléctrica 24 a cada una de las superficies activas en una manera a fin de proporcionar una diferencia de potencial entre las dos superficies activas como se muestra en las Figuras 5 y 6. Una población de microorganismos puede estar sobre cada una de las dos superficies activas y los materiales conductivos de gran área de superficie más económicos. Adicionalmente, el sistema puede incluir una trayectoria de flujo suficiente para dirigir la mayor parte

del líquido para hacer contacto con cada superficie activa primaria y suficiente para dirigir la mayor parte del líquido a través de la distancia.

El reactor electrobioquímico (EBR) puede formarse
5 utilizando recipientes cilíndricos como parte de la trayectoria de flujo, orientados a fin de tener un diámetro sustancialmente vertical como se muestra en las Figuras 6-8. Puede utilizarse una placa perforada para suspender el carbón en la parte inferior y otro en la parte superior, formando
10 así las áreas activas de gran superficie. La placa puede actuar como un sustrato para las superficies activas. Por lo tanto, la placa puede formarse de cualquier material adecuado que pueda ser conductivo (e.g., metal) o no conductivo (e.g., plástico). En algunos casos, las placas no conductivas
15 pueden ser útiles a fin de evitar la desintegración debida a la erosión electroquímica.

El reactor puede inocularse, en donde se desarrolla la población de microorganismos sobre las superficies activas, en una variedad de formas y en diferentes tiempos.
20 En ocasiones, puede ser necesario o útil inocular de manera deliberada las superficies activas. En otras ocasiones, el fluido, tal como el agua a tratarse, puede tener una menor población de microorganismos asociada con el fluido que puede, con el tiempo y condiciones adecuadas, inocular de
25 manera natural las superficies activas.

Puede utilizarse una cantidad y variedad de microorganismos para inocular las superficies activas, ya sea solos o en combinación. Ejemplos no limitantes de bacterias y algas que pueden utilizarse incluyen *Cyanobacteria*,
5 *Diatoms*, *Alcaligenes sp.*, *Escherichia sp.*, *Pseudomonas sp.*,
Desulfovibrio sp., *Shewanella sp.*, *Bacillus sp.*, *Thauera sp.*,
P. putida, *P. stutzeri*, *P. alcaligenes*, *P. pseudoalcaligenes*,
P. diminuta, *Xanthomonas sp.*, incluyendo *X. (Pseudomonas)*
maltophilia, *Alc. Denitrificans*, varios *Bacillus species*
10 *Bacillus species* que son quimioheterótrofos versátiles
incluyendo *B. subtilis*, *B. megaterium*, *B. acidocaldarius*, &
B. cereus, *Cellulomonas* y *Cellulomonas Fermentans*, varias
bacterias que reducen sulfatos incluyendo *Desulfobacter*,
Desulfobulbus, *Desulfomonas*, *Desulfosarcina*,
15 *Desulfotomaculum*, *Desulfurococcoccus*, *Desulfotomaculum*, y
Desulforomonas species, *Nitrosomonas*, *Nitrobacter*,
Rhodobacter, *Thiobasillus* y *Geobacter species*, *E. coli*, y
varias *Achaeta bacteria* y combinaciones de los mismos. El
consorcio de premezcla de los microbios identificados se
20 desarrolló a alta concentración y se agregó a los reactores
electroquímicos.

Aunque se muestran los reactores tipo flujo ascendente en las Figuras 6-8, debe notarse que puede utilizarse una variedad de diseños, incluyendo un flujo
25 descendente, flujo horizontal, flujo a lo largo de cualquier

trayectoria, gasto tipo pistón, semi-continuo, por lote, de lecho fluidizado, etc. Además, en donde pre-existe una trayectoria de flujo, las superficies activas pueden insertarse a una distancia de separación para formar un
5 sistema para retirar un contaminante o compuesto objetivo. Tal es el caso con la formación in situ de un reactor electrobioquímico en una corriente de salida.

Volviendo ahora a la Figura 8b, un sistema para retirar al menos un compuesto objetivo de un líquido puede
10 comprender a) un primer reactor electrobioquímico 30, que comprende i) dos superficies activas dispuestas a una distancia de separación y dispuestas sustancialmente paralelas entre sí, ii) una fuente eléctrica conectada operativamente a cada una de las superficies activas para
15 proporcionar una diferencia de potencial entre las dos superficies activas, y iii) una población de microorganismos sobre cada una de las dos superficies activas. El sistema puede comprender además un segundo reactor electrobioquímico 40 que comprende: i) dos superficies activas dispuestas a una
20 distancia de separación y dispuestas sustancialmente paralelas entre sí, ii) una fuente eléctrica conectada operativamente a cada una de las superficies activas para proporcionar una diferencia de potencial entre las dos superficies activas, y iii) una población de microorganismos
25 sobre cada una de las dos superficies activas.

Adicionalmente, el sistema puede comprender una tubería 32 que conecta el primer reactor electrobioquímico con el segundo reactor electrobioquímico de tal manera que el líquido que sale del primer reactor electrobioquímico entra
5 al segundo reactor electrobioquímico. Como se trató antes, el sistema también puede incluir una trayectoria de flujo suficiente para dirigir la mayor parte del líquido para hacer contacto con cada una de las superficies activas de cada reactor electrobioquímico y suficiente para dirigir la mayor
10 parte del líquido a través de las distancias de cada reactor electrobioquímico.

Adicionalmente, los reactores electrobioquímicos pueden incluir cualquiera de las modalidades antes mencionadas tratadas a través de toda la presente
15 descripción. Por ejemplo, el presente sistema puede incluir los microorganismos previamente tratados. Además, los reactores electrobioquímicos pueden ser los mismos o diferentes; e.g., tienen los mismos o diferentes componentes o se dirigen a los mismos o diferentes compuestos objetivo.

20 **EJEMPLOS**

Los siguientes ejemplos ilustran las diversas modalidades de la invención. Así, estos ejemplos no deben considerarse como limitaciones de la presente invención, sino son solamente para enseñar cómo se implementa la presente
25 invención en base a los datos experimentales actuales. Como

tal, se describen en la presente un número representativo de los sistemas.

Ejemplo 1 - Retiro de Contaminantes de Aguas Residuales de Minas

5 El presente ejemplo se dirigió al retiro de arsénico, selenio y nitrato de diversas aguas de mina, y se probó además una combinación de microbios expuestos a diversas diferencias potenciales. Dos reactores idénticos con las mismas características, que se probaron lado a lado, 10 se muestran en la Figura 7A y 7B. Uno de los reactores 7A, no tuvo un potencial aplicado a través de sus electrodos 12 (Reactor R1) y el otro 7B, tuvo un potencial 24 aplicado a través de los electrodos 12 (Reactor R2). Los reactores se fabricaron de plástico transparente. Los EBR's probados 15 fueron de varios diferentes tamaños y configuraciones. En una configuración, ambos lechos de carbono del cátodo y del ánodo se posaron sobre diafragmas perforados. El carbono utilizado fue de 20 x 20 mallas de tamaño o carbono activado granulado. Los lechos de carbono del cátodo y ánodo fueron 20 de diferentes tamaños para determinar la efectividad de las diferentes configuraciones. Incorporados en cada lecho de carbono estuvo un sistema de electrodos firmemente sostenido sellado en el lado exterior con gel de silicio. Los electrodos ayudaron a mantener el gradiente potencial de 25 reducción a través del reactor electrobioquímico. Varios

tubos, que corren desde la placa superior y terminan en diferentes ubicaciones dentro de los EBR's probados sirvieron para el propósito de muestrear y monitorear la transformación de los contaminantes de arsénico, selenio y nitrato-N. Se
5 condujeron las pruebas de EBR's sobre la mesa a una temperatura ambiente de ~25°C.

El ajuste del reactor electrobioquímico utilizado para el retiro de arsénico se muestra en general en las Figuras 7A y 7B e incluye dos reactores electrobioquímicos,
10 respectivamente: uno sin un potencial aplicado (Figura 7A) y un segundo con el potencial aplicado (Figura 7B); dos puertos de muestreo sobre cada reactor 26; la fuente de energía 24; el mecanismo de bombeo (no mostrado) y tubos de conexión (no mostrados); y un contenedor alimentado con solución (no
15 mostrado). La Figura 8A muestra de manera similar un reactor electrobioquímico de una sola etapa de la presente invención y la Figura 8B muestra un reactor bioquímico de dos etapas sin el potencial aplicado utilizado para probar el retiro de selenio como se trató adicionalmente en el Ejemplo 2. En
20 esta manera, la presente invención puede compararse en desempeño con o sin voltaje aplicado.

Aunque pueden utilizarse una variedad de microbios, los microbios utilizados fueron un consorcio de Pseudomonas y microbios que reducen el sulfato que pueden llevar a cabo de
25 manera efectiva la reducción de arsénico, de As(V) a As(III),

la reducción de selenio de seleniato y selenita a selenio elemental (para el Ejemplo 2) así como la desnitrificación. Los mismos microbios se introdujeron tanto en los biorreactores estándar sin potencial aplicado como en los
5 reactores electrobioquímicos. La Figura 9 muestra las diferencias en los potenciales medidos a través del Reactor 1 y el Reactor 2.

Las variaciones del desempeño entre el EBR con potencial aplicado (Reactor R2) y el EBR sin potencial
10 aplicado (Reactor R1) pueden explicarse al notarse que el en caso del reactor con el potencial aplicado (Figuras 7B, 8A), el cátodo proporciona electrones adicionales para la reducción de los compuestos de nitrógeno (nitratos y nitritos) a gas de nitrógeno, así como a la reducción de
15 sulfato a sulfuro, la reducción de arsenato a arsenita, y selenio a selenio elemental lo cual de otro modo tendría que proporcionarse por medio de la acción bacteriana y nutrientes adicionales. Los nutrientes se utilizan para establecer un ambiente de reducción y el crecimiento microbiano en el
20 reactor sin el potencial aplicado (Figura 7A). El EBR con el potencial aplicado mostró una mayor eficacia en el desempeño en comparación con el EBR sin el potencial aplicado.

Con el potencial aplicado al EBR con los electrodos de hierro, se esperó que la corrosión del electrodo de hierro
25 se incrementara, incrementando así la suspensión de

ferrihidrita en el reactor 2. Esto permitió el co-retiro adicional de As(V) con precipitación de hierro. El hierro también puede incluirse en la solución alimentada para mejorar la co-precipitación de hierro del arsénico. El
5 incremento en la superficie de óxido de hierro con esta suspensión ayudó a la reducción de As(V) a As(III) en la sección superior del reactor.

En la prueba para el retiro de arsénico a una velocidad de flujo de 5.045 litros/día, el EBR fue capaz de
10 retirar todo el nitrógeno presente de la solución alimentada. La concentración de arsénico de 200 ppb en la alimentación también se redujo a 35 ppb en oposición a un biorreactor convencional que solo redujo la concentración de arsénico alimentado de 200 ppb a 75 ppb. La Figura 10 muestra el
15 retiro de arsénico en una ronda prolongada de un sistema de biorreactor en par; un biorreactor convencional y un EBR con el EBR funcionando a diferentes voltajes. Tres voltios en este sistema produjeron los mejores resultados. Tres voltios redujeron el tiempo requerido para la reducción de arsénico y
20 la cantidad de nutrientes utilizada en el sistema del biorreactor. El desempeño mejorado del EBR se debe al potencial aplicado que sostuvo el potencial de reducción en el reactor. Por lo tanto, un proceso de EBR, utilizado dos superficies activas dispuestas a una distancia de separación
25 y teniendo una diferencia de potencial entre ellas, así como

el crecimiento de microorganismos sobre cada superficie activa, mostró una ventaja distinta en eficiencia para el retiro de arsénico de la solución.

Así, la presente invención muestra que el EBR fue
5 efectivo en el retiro de contaminantes. Además, los presentes resultados muestran que el EBR puede ser afectivo aún cuando se disminuya el requerimiento de nutrientes; proporcionando mediante esto inferiores costos operacionales. También se demostró; cuando el agua de mina se pasó a través
10 de los reactores, que el sistema diseñado puede utilizarse para tratar una amplia variedad de cuerpos de agua de desecho con diferentes metales contaminantes.

A la luz de lo anterior, un conjunto de tales reactores electrobioquímicos que tienen la diferencia de
15 potencial, opcionalmente en serie con un sistema de filtración que retiraría los desechos y se acoplaría con la unidad de purificación ultra-violeta, puede servir a las industrias y a las plantas de proceso que pretenden reciclar sus aguas al tratar los efluentes de su planta. Los
20 beneficios a derivarse son numerosos e incluyen: inferior costo de la implementación de infraestructura y de operación en comparación con otros métodos de tratamiento; el uso de reactores simples para producir de cientos a miles de veces menos lodo que los procesos de precipitación de metal
25 convencionales, que permite la descontaminación o

recuperación de una cantidad de químicos objetivo en donde el reactor bioquímico electro-mecánico puede aplicarse a una variedad de líquidos así como a una variedad de compuestos objetivo.

5 Ejemplo 2 - Retiro de Selenio de Aguas Residuales de minas

En otra modalidad ejemplar, el reactor electrobioquímico y métodos similares a los expuestos en la presente, se utilizaron para retirar selenio del agua. Las
10 aguas de mina se obtuvieron de un sitio de mina potencial no revelado.

Se utilizaron tres reactores de 1.4 litros (aproximadamente) para la prueba del reactor. Todos los materiales utilizados en el reactor fueron acrílico o cloruro
15 de polivinilo. Se corrieron en serie dos reactores de lecho fijo empacados con piedra pómez y carbón activado como se muestra en la Figura 8B. Se utilizó por separado un tercer reactor, un EBR empacado con piedra pómez y carbón activado con voltaje aplicado utilizando un suministro de energía CD
20 para probar la reducción de selenio en agua de mina. Todos los tres reactores tienen puertos de muestreo similares en la parte superior para medir el pH, el potencial de reducción de oxidación (ORP) y la temperatura a diferentes profundidades. Los reactores se mantuvieron bajo condiciones anaeróbicas.

25 Se construyeron reactores electrobioquímicos a

escala de laboratorio para investigar la aplicabilidad de un consorcio microbiano seleccionado para retirar altas concentraciones de selenio soluble, como seleniato y selenita y para mejorar los tiempos de reacción en los reactores electrobioquímicos. Se utilizaron para la prueba, tres reactores teniendo cada uno un volumen de 0.001387 m^3 . Las columnas de acrílico utilizadas para los reactores tuvieron una altura de 9.5 pulgadas y un radio de 1.5 pulgadas. Los reactores se sellaron con tapas de cloruro de polivinilo sobre la parte superior y la parte inferior teniendo un radio de 1.5 pulgadas y una altura de 2.5 pulgadas.

Se conectaron en serie dos reactores empacados con material de piedra pómez (roca volcánica) y carbón activado y se conectaron adicionalmente a una bomba y a agua alimentada. El agua alimentada fue agua de mina real conteniendo principalmente selenio como seleniato. El agua alimentada se introdujo al primer reactor (Reactor 1) desde la parte inferior, pasó a través del lecho empacado que soporta los microbios en la dirección ascendente, salió de la parte superior y después se introdujo desde la parte inferior del segundo reactor (Reactor 2). El efluente se recolectó de la porción superior del segundo reactor. Se probaron los tiempos de retención de 22 y 44 horas para los reactores conectados en serie. Se mantuvieron las condiciones anaeróbicas en todos los reactores. Un reactor

electrobiológico (Reactor 3) fue un reactor electrobiológico empacado con piedra pómez y carbón activado y tuvo un voltaje aplicado a través del reactor a través de un conjunto de electrodos incorporados en las capas de carbón
5 activado en la parte superior y la parte inferior del reactor. Se utilizó material de carbón activado granulado como el electrodo en el sistema. La reacción se llevó a cabo con la mezcla del sustrato conteniendo seleniato y se utilizó el consorcio de microbios con la capacidad para catalizar el
10 proceso de reducción y el de mina para la prueba.

El agua alimentada se bombeó hacia el tercer reactor. Todos los reactores fueron provistos con 3 puertos de muestreo para la medición del pH, el potencial de oxidación-reducción (ORP) en diferentes ubicaciones en el
15 reactor. Se recolectaron las muestras para el análisis de selenio después de que el agua salió del Reactor 1 (efluente del Reactor 1) y el efluente salió del Reactor 2. El muestreo para el pH, ORP y la temperatura se realizó una vez en tres días. El tercer reactor EBR se probó por separado
20 para el retiro de selenio.

Los consorcios microbianos se probaron para determinar los efectos de diferentes nutrientes sobre el crecimiento y la reducción de selenio. Como se trató bajo la prueba para el retiro de arsénico (Ejemplo 1), se utilizaron
25 muchas diferentes modificaciones de carbono para estimular la

conversión de seleniato a selenio elemental en agua. Las bacterias requieren tres componentes principales de nutrientes: carbono, nitrógeno y fósforo para el crecimiento y otras actividades. Las cantidades estequiométricas de carbono pueden calcularse para varios retiros de inorgánicos. Aunque estas ecuaciones dan la cantidad de carbono necesaria para la reducción de metal, se requieren las cantidades adicionales de carbono para el crecimiento del microbio y para crear un ambiente de reducción. En consecuencia, se probaron diferentes modificaciones en esta investigación para observar la efectividad de diferentes nutrientes en combinación con el voltaje aplicado para estimular la reducción de seleniato y selenita a selenio elemental y mejorar el crecimiento de los microbios.

El diseño de esta prueba de un reactor electrobioquímico tiene las siguientes funciones fundamentales: (1) inmovilizar los microorganismos sobre un medio inerte, con un tiempo de retención óptimo del agua de mina para que los organismos actúen sobre el selenio y (2) construir una serie de reactores electrobioquímicos conectados en serie utilizando piedra pómez (material volcánico) u otros materiales de gran área de superficie como el material para las superficies activas (3) la porosidad natural de la piedra pómez forma un nicho y soporta el denso crecimiento bacteriano (4) además, los poros pueden ayudar a

la transferencia de material (5) otra posible utilidad con la piedra pómez es que puede ocluir el selenio reducido en el reactor.

El agua de mina probada contuvo de manera natural
5 selenio como seleniato y se utilizó como el agua de alimentación y se utilizó TSB como nutriente. El análisis de selenio se condujo sobre una base diaria. Se utilizaron diferentes aguas de mina a través del curso del experimento que tuvieron un pH que varía desde 10.2 hasta 10.3. El pH en
10 el agua de mina se ajustó a una concentración que varía entre 6.8 a 7.2 antes de bombearla a través de los reactores. Esto se realizó para evitar la toxicidad de la alta concentración de pH sobre la actividad de los microbios. Se midieron el pH y el potencial de Oxidación-Reducción (ORP) sobre una base
15 diaria a diferentes profundidades en el reactor y se registró la temperatura ambiente de manera frecuente.

El pH del agua se monitoreó sobre una base diaria para asegurar que se encuentra en el rango de condiciones fisiológicas normales de los microbios y que no es tóxica o
20 no inhibe la actividad de los microbios. Las mediciones de pH observadas para diferentes muestras fluctuaron entre pH 6.6 y 7.4 con alguna periodicidad en ambos reactores. La fluctuación puede atribuirse a efectos de dilución de la alimentación y la adición del medio. A través del curso de
25 la prueba de los reactores electrobioquímicos, existió una

disminución continua en el potencial de oxidación-reducción desde el día 0 al día 83.

La Figura 11 proporciona una gráfica del retiro de selenio de varias aguas de mina utilizando un biorreactor convencional de dos etapas sin potencial aplicado y un tiempo de retención de 44 horas y un EBR de una sola etapa con un tiempo de retención de 22 horas y un potencial aplicado de 3 voltios y las Tablas 2 y 3 muestran una lista de metales agregados y retirados de la solución en un biorreactor convencional y en un EBR utilizando un electro de metal compuesto y aguas de desecho de minas que contienen selenio.

Tabla 2

Elemento ($\mu\text{g/l}$)	Al	S	Fe	Ni	Cu	Zn
Aguas alimentadas	998.95	460.67	32.0	6.23	3.00	19.48
Efluente BEMR-1 (serie con 22 h de retención)	162.63	421.73	177.37	8.31	3.00	21.77
Efluente BEMR-2 (serie con 44 h de retención)	58.17	339.88	255.68	11.49	4.05	32.51
Efluente EBR (22 horas de retención)	23.21	176.09	339.41	10.41	3.04	31.65
Eluido de Piedra pómez (gm)	200.07	0.00	175.19	1.22	1.07	7.73

Tabla 3

Elemento (µg/l)	As	Mo	Ag	Cd	Sb	Pb	Hg
Aguas alimentadas	2.61	632.52	2.04	1.77	14.93	5.02	2.15
Efluente BEMR-1 (serie con 22 h de retención)	2.67	57.64	0.30	0.16	6.21	0.77	3.41
Efluente BEMR-2 (serie con 44 h de retención)	1.93	12.25	0.21	0.06	3.05	2.61	1.46
Efluente EBR (22 horas de retención)	1.40	55.65	0.00	0.18	10.69	5.31	2.74
Eluido de Piedra pómez (gm)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08

Las curvas ORP mostraron un cambio drástico en los valores durante los 40 días iniciales en ambos reactores. El Reactor 1 mostró un potencial de reducción de oxidación negativo después de 35 días y el Reactor 2 exhibió un valor negativo después de 40 días de operación. Tendencias similares se observaron para las muestras recolectadas de diferentes ubicaciones del reactor indican las características del agua siendo similares a través de todo el reactor. La disminución en ORP, inicialmente debida a los nutrientes proporcionados, pudo ser indicativa de la acumulación de iones metálicos - i.e., selenio. Las especies de seleniato deben existir a ORPs mayores en comparación al selenio elemental. La explicación posible para esto es el consumo de oxígeno del ambiente circundante por las bacterias y el nutriente agregado que crean un fuerte ambiente de

reducción.

La transformación de seleniato a selenio elemental también se observó siendo mayor a través del periodo de ORP negativo. Los dos reactores se alimentaron en serie al
5 agregar TSB al agua alimentada sobre una base diaria a una concentración de 3.75 g/l de agua de mina durante un periodo de 56 días. Se mantuvo un tiempo de retención de 12 horas correspondiente a una velocidad de flujo de 0.96 ml/min en cada reactor durante un periodo de 18 días. Cuando el tiempo
10 de retención fue de 12 horas, se observó un promedio de reducción de 73% en el seleniato para ambos reactores. Sin embargo, el incremento del tiempo de retención a 22 horas en cada reactor incrementa la reducción de selenio a 83% de reducción promedio en el efluente del Reactor 1. Los
15 cálculos para el desempeño de los reactores se realizaron al excluir los puntos extremos inferior y mayor. La adición de TSB al agua de alimentación dio como resultado la reducción de selenio en el agua de alimentación por sí misma. El agua de alimentación tuvo una caída significativa en la
20 concentración de seleniato en el día 41. Los reactores 1 y 2 en serie de los biorreactores sobre un promedio demostraron una reducción de 88.2% con un tiempo total de retención de 44 horas. El reactor electrobioquímico demostró una reducción promedio de 91.5% con un tiempo de retención de 22 horas,
25 Figura 11.

Por lo tanto, los dos biorreactores convencionales en serie que tienen un tiempo de retención de 44 horas demostraron una reducción promedio de 88.2% y el reactor 3 Electrobioquímico que tiene el potencial aplicado con
5 electrodos externos, que es la operación de una sola unidad, demostró una reducción promedio de 91.5% en 22 horas. El reactor 3 electrobioquímico fue bastante más eficiente para reducir el selenio con solo la mitad del tiempo de reacción de los reactores electrobioquímicos 1 y 2, Figura 11.

10 Una vez que se inmovilizaron los contaminantes metálicos y objetivo utilizando los reactores bioquímicos de la presente invención, estos pueden aislarse y tratarse, eliminarse o recuperarse utilizando cualquier número de técnicas.

15 Debe entenderse que las disposiciones antes descritas son únicamente ilustrativas de la aplicación de los principios de la presente invención. Pueden idearse numerosas modificaciones y disposiciones alternativas por las personas de experiencia en la técnica sin apartarse del
20 espíritu y alcance de la presente invención y las reivindicaciones anexas se proponen para cubrir tales modificaciones y disposiciones. Así, aunque la presente invención se ha descrito en lo anterior con particularidad y detalle en relación con lo que se considera actualmente ser
25 las modalidades más prácticas y preferidas de la invención,

será aparente para las personas de experiencia ordinaria en la técnica que pueden hacerse numerosas modificaciones, incluyendo pero sin limitarse a variaciones en tamaño, materiales, conformación, forma, función y manera de
5 operación, instalación y uso sin apartarse de los principios y conceptos establecidos en la presente.

REIVINDICACIONES

1. Un método para retirar un compuesto objetivo de un líquido que comprende:

5 disponer dos superficies activas separadas por una distancia y colocarlas dentro de un flujo del líquido, siendo las superficies capaces de soportar una carga eléctrica y capaces de soportar el crecimiento biológico;

desarrollar una población de microorganismos concentrados sobre las superficies activas, dirigiéndose
10 dicha población de microorganismos al compuesto objetivo; y

aplicar una diferencia de potencial entre las dos superficies activas,

en donde los microorganismos y la diferencia de potencial son suficientes en combinación para retirar el
15 compuesto objetivo del líquido y mantener la población de microorganismos.

2. El método de la reivindicación 1, en donde el compuesto objetivo se recupera del líquido.

3. El método de la reivindicación 1, en donde el
20 compuesto objetivo comprende selenio.

4. El método de la reivindicación 1, en donde el compuesto objetivo comprende arsénico.

5. El método de la reivindicación 1, que comprende además retirar un segundo compuesto objetivo.

25 6. El método de la reivindicación 1, que

comprende además retirar múltiples compuestos objetivo en donde al menos un compuesto objetivo es mercurio.

7. El método de la reivindicación 1, en donde las dos superficies activas comprenden carbón activado.

5 8. El método de la reivindicación 1, en donde la diferencia de potencial es desde aproximadamente 1 hasta aproximadamente 30 voltios.

9. El método de la reivindicación 1, en donde la etapa de desarrollar una población de microorganismos es
10 antes de la etapa de aplicar una diferencia de potencial.

10. El método de la reivindicación 1, en donde la etapa de desarrollar una población de microorganismos es subsecuente a la etapa de aplicar una diferencia de potencial.

15 11. El método de la reivindicación 1, en donde la diferencia de potencial es suficiente para reducir la población de microorganismos.

12. El método de la reivindicación 1, en donde la etapa de desarrollar una población es subsecuente a la etapa
20 de aplicar una diferencia de potencial y los microorganismos son enzimas.

13. El método de la reivindicación 1, en donde la etapa de desarrollar una población es subsecuente a la etapa de aplicar una diferencia de potencial y los microorganismos
25 son proteínas.

14. Un sistema para retirar un compuesto objetivo de un líquido, que comprende:

dos superficies activas dispuestas a una distancia de separación y dispuestas sustancialmente paralelas entre
5 sí;

una fuente eléctrica conectada de manera operativa a cada una de las superficies activas para proporcionar una diferencia de potencial entre las dos superficies activas;

una población de microorganismos sobre cada una de
10 las dos superficies activas; y

una trayectoria de flujo suficiente para dirigir la mayor parte del líquido para hacer contacto con cada una de las superficies activas y suficiente para dirigir la mayor parte del líquido a través de la distancia.

15 15. El sistema de la reivindicación 14, en donde el sistema se dispone in situ.

16. El sistema de la reivindicación 14, en donde la trayectoria de flujo fluye paralela y más allá de las dos superficies activas.

20 17. El sistema de la reivindicación 14, en donde la trayectoria de flujo fluye perpendicular y a través de las dos superficies activas.

18. El sistema para retirar al menos un compuesto objetivo de un líquido, que comprende:

25 a) un primer reactor electrobioquímico, que comprende:

i) dos superficies activas dispuestas a una distancia de separación y dispuestas sustancialmente paralelas entre sí,

5 ii) una fuente eléctrica conectada de manera operativa a cada una de las superficies activas para proporcionar una diferencia de potencial entre las dos superficies activas, y

iii) una población de microorganismos sobre cada una de las dos superficies activas;

10 b) un segundo reactor electrobioquímico, que comprende:

i) dos superficies activas dispuestas a una distancia de separación y dispuestas sustancialmente paralelas entre sí,

15 ii) una fuente eléctrica conectada de manera operativa a cada una de las superficies activas para proporcionar una diferencia de potencial entre las dos superficies activas, y

20 iii) una población de microorganismos sobre cada una de las dos superficies activas;

c) un tubo que conecta el primer reactor electrobioquímico al segundo reactor electrobioquímico de tal manera que el líquido que sale del primer reactor electrobioquímico entra al segundo reactor electrobioquímico;

25 d) una trayectoria de flujo suficiente para dirigir la

mayor parte del líquido para hacer contacto con cada una de las superficies activas de cada reactor electrobioquímico y suficiente para dirigir la mayor parte del líquido a través de las distancias de cada reactor electrobioquímico.

5 19. El sistema de la reivindicación 18, en donde el sistema retira al menos dos compuestos objetivo.

20. El sistema de la reivindicación 19, en donde el primer reactor electrobioquímico retira un primer compuesto objetivo y el segundo reactor electrobioquímico
10 retira un segundo compuesto objetivo.

21. El sistema de la reivindicación 19, en donde los microorganismos del primer reactor electrobioquímico son diferentes a los microorganismos del segundo reactor electrobioquímico.

15 22. El sistema de la reivindicación 19, en donde la trayectoria de flujo fluye perpendicular y a través de las dos superficies activas de cada uno de los reactores electrobioquímicos.

RESUMEN

Un método para retirar un compuesto objetivo de un líquido puede incluir disponer dos superficies activas a fin de estar separadas por una distancia. Las superficies
5 activas pueden colocarse dentro de un flujo del líquido y pueden ser capaces de soportar una carga eléctrica, el crecimiento biológico y/o enzimas y proteínas. El método puede incluir además desarrollar una población de microorganismos concentrados sobre las superficies activas en
10 donde la población de microorganismos se configura o es capaz de la transformación de los compuestos objetivos. El método puede incluir además desarrollar enzimas o proteínas concentradas sobre las superficies activas, en donde las enzimas o proteínas se configuran o son capaces de la
15 transformación de los compuestos objetivo. El método puede incluir además aplicar una diferencia de potencial entre las dos superficies activas. Los microorganismos y la diferencia de potencial pueden ser suficientes en combinación y/o con nutrientes específicos, para retirar el compuesto objetivo
20 del líquido y mantener la población de microorganismos. Las enzimas y proteínas y la diferencia de potencial pueden ser suficientes en combinación, para retirar el compuesto objetivo del líquido.



No. 11-009466-00000-0000

Fecha: 2010-01-28 10:47:41 Dep. 2020 DIR.NUEVASCR
Act. 11 PATENTEYN Evs. 378 FASENACIONALI
Act. 411 PRESENTACION Folios: 50

PATENTE DE INVENCION ☐

MODELO D

- ☐ 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 ☐