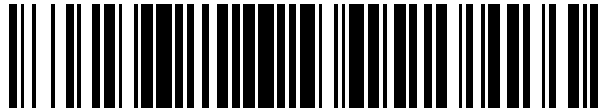


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 391 980**

51 Int. Cl.:

**C22B 3/00** (2006.01)

**C22B 3/18** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **06705013 .8**

96 Fecha de presentación: **17.03.2006**

97 Número de publicación de la solicitud: **1866447**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **19.12.2007**

54 Título: **Lixiviación en pila de minerales de sulfuro**

30 Prioridad:

**21.03.2005 AU 2005901367**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:

**03.12.2012**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:

**03.12.2012**

73 Titular/es:

**BIOHEAP LIMITED (100.0%)  
Level 22 Kings Park Road  
West Perth WA 6005 , AU**

72 Inventor/es:

**HUNTER, COLIN, JOHN y  
WILLIAMS, TAMSIN, LISA**

74 Agente/Representante:

**LAZCANO GAINZA, Jesús**

ES 2 391 980 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Lixiviación en pila de minerales de sulfuro.

5 **Campo de la invención**

La presente invención se relaciona con la lixiviación en pila de minerales de sulfuro. Más particularmente, la presente invención se relaciona con la bio-oxidación de minerales de sulfuro en pila, al menos una de tales pilas está formada de mineral al cual se aplica un inóculo bacteriano antes del apilamiento de las pilas.

10

**Antecedentes**

La lixiviación en pila es una opción provechosa para la lixiviación de metales preciosos y básicos, generalmente, de minerales de baja calidad o materiales de desecho. La bio-oxidación que usa distintos microorganismos es una opción para tal lixiviación. Esta bio-oxidación se describe variamente como la lixiviación primaria con un lixivante ácido o como una etapa pre-acondicionadora, antes de, por ejemplo, la etapa de cianuración.

15

La patente de Estados Unidos 6207443, asignada a Placer Dome, Inc., describe un proceso para la bio-oxidación de minerales de sulfuro en la cual un material previamente bio-oxidado se incorpora en la pila. Una primera porción del material de suministro que contiene sulfuros de metal se bio-oxida en la pila o tanque para formar una fracción bio-oxidada. Esta fracción bio-oxidada se combina posteriormente con una segunda porción del material de suministro, formando un material de suministro combinado. Este material de suministro combinado se puede usar para formar una pila adicional. La bio-oxidación se realiza en la pila adicional a través de la aplicación de un inóculo que comprende ácido sulfúrico y los microbios adecuados, con o sin los nutrientes adecuados. Este lixivante se deja percolar a través de la pila y la solución saturada de lixiviación se remueve de la base de esa pila.

20

25

La manera en la cual el residuo bio-oxidado de la primera pila se combina con la segunda porción del mineral es por vía tanto de la introducción de ambos suministros de mineral en el aglomerado o los dos se pueden colocar directamente sobre una banda transportadora hacia la pila adicional. Una alternativa adicional es colocar el residuo bio-oxidado sobre la parte superior de una pila ya formada de la segunda porción de suministro.

30

Existen problemas asociados con la combinación de los dos suministros con antelación al aglomerador dado que las condiciones dentro del aglomerador son particularmente severas a los microbios presentes, particularmente si los microbios deben estar presentes a través de todo el proceso de aglomeración. El problema asociado con las versiones alternativas de la combinación de las dos corrientes descritas anteriormente es que es improbable que toda la segunda corriente o porción de mineral se exponga a los microbios presente en el residuo bio-oxidado. Igualmente, no hay mecanismo por el cual se pueda asegurar que una proporción significativa de la segunda corriente o porción de mineral del suministro se exponga al inóculo/lixivante administrado a la pila adicional. Dado que la pila está sujeta a los problemas tradicionales asociados con la lixiviación de la pila, siendo, entre otras cosas, la canalización.

35

40

La patente de Estados Unidos 6083730, asignada a Geobiotics, Inc., describe un proceso de bio-oxidación de la pila en la cual la pila está comprendida de sustratos, tales como las partículas gruesas de mineral sobre las cuales se recubre un concentrado preparado del mineral para ser bio-oxidado. Este recubrimiento ocurre en el aglomerador con antelación al apilamiento de la pila. La pila se inocula después, en una manera típica, con bacterias capaces de bio-oxidar las partículas de sulfuro metálico dentro del concentrado recubierto en los sustratos. Esta inoculación ocurre o durante el apilamiento de la pila o inmediatamente después de esto. Este proceso busca exponer tanto como sea posible del sulfuro de metal al lixivante a través del recubrimiento fino de los sustratos que forman la pila. Sin embargo, en esta no se describe ningún mecanismo por el cual los microbios para la bio-oxidación se distribuyen efectiva y uniformemente a lo largo de la pila.

45

50

En la solicitud de patente de Estados Unidos 10/723392 (Publicación núm.US 2004/0131520 A1) de Bruynesteyn, se describe un proceso para la lixiviación de minerales de bajo contenido de azufre. Este proceso incluye un mecanismo por el cual el azufre elemental finamente molido se expone a un cultivo de bacterias sulfuro-oxidantes como una etapa pre-acondicionadora en la cual las partículas de azufre son humectadas y las bacterias se unen ellas mismas a estas partículas de azufre. La combinación resultante de azufre pre-condicionado, agua y bacterias se adiciona después a las partículas de mineral durante un proceso de aglomeración típico. Este proceso se enfoca en la producción de ácido sulfúrico durante el pre-acondicionamiento de manera que el ácido sulfúrico se use para satisfacer parcialmente la demanda ácida de mineral en la pila formada últimamente. De nuevo, está claro que las bacterias sulfuro-oxidantes se someten al proceso completo de aglomeración y su severo ambiente.

55

60

En la patente de Estados Unidos 5246486 asignada a Newmont Gold Co. y Newmont Mining Corporation, se describe un proceso para la bio-oxidación de sulfuros en una pila. Uno de los componentes clave de este proceso es la formación de "particulados" de partículas de mineral de sulfuro. Un inoculado se usa en la formación de estos particulados, donde el inóculo descrito se atomiza en el mineral mientras se apila en el transportador, dicho proceso se indica para reflejar la aglomeración como se conoce generalmente. También se nota en esta descripción que otros procesos se pueden

emplear para la formación del particulado, incluyendo los dispositivos de aglomeración tipo disco. Además, se hace referencia a sumergir el mineral en un baño líquido en el transportador, y también al uso de extrusores espirales.

Los particulados formados como se describió anteriormente se usan posteriormente en el apilamiento de las pilas. Se sugiere que la formación de una pila de esta manera resulta en una lixiviación eficiente y una dispersión posterior de la solución de lixiviación, con o sin los nutrientes adicionales, a través de la pila de una manera conocida. Aunque la distribución del inóculo a lo largo de la pila por vía de la formación de particulados es ventajosa, los microbios del inóculo se someten nuevamente a condiciones físicas severas durante la aglomeración, incluyendo la exposición prolongada a fuerzas abrasivas las cuales pueden reducir su efectividad en la última pila formada.

En la solicitud de la patente internacional PCT/IB98/00969 (publicación núm. WO 98/51827), de Echo Bay Mines Limited, se describe un proceso de bio-oxidación integrado de tanque/pila para el uso en minerales de sulfuro. El proceso involucra la división de una fuente refractaria de mineral de sulfuro en dos corrientes. La primera de estas corrientes se expone a un microorganismo que digiere el sulfuro en un reactor de tanque para la adaptación del microorganismo al mineral de sulfuro después del cual el mineral parcialmente digerido se combina con la segunda corriente de mineral de sulfuro. Este se separa posteriormente en sólido/líquido (desechado) y la porción sólida, con o sin una etapa de aglomeración, se usa para construir una pila. El líquido de la etapa de separación sólido/líquido se usa después para inocular la pila y realizar el proceso de bio-oxidación. Posteriormente a la etapa de bio-oxidación la pila se somete a un proceso de lixiviación, tal como la cianuración. Como se nota, los sólidos y líquidos del reactor de bio-oxidación, se pasan a su vez al espesador, cuyo contenido finalmente pasa a la separación de sólidos/líquidos. Después de la separación, el contenido completo se recombina efectivamente en la lixiviación de la pila. Esto crea un proceso de manera escalonada o en lote el cual puede introducir una limitación a la forma en que se puede practicar efectivamente el proceso. Además, la separación de sólidos/líquidos o etapa de desecado, conjuntamente con la etapa de aglomeración de estas y con antelación a la transportación de la acumulación expone nuevamente a los microorganismos a relativamente severas condiciones físicas. Además, el inóculo se aplica posteriormente a la pila de la misma manera que en la mayoría de la técnica anterior, por vía de la percolación a través de la pila.

Como se denotó anteriormente, muchas descripciones de patente describen procesos de bio-oxidación en un ambiente de lixiviación en pila, junto con la inoculación del mineral y/o la pila. Sin embargo, se proporciona poca o ninguna descripción con respecto a la manera en la cual se producen, mantienen, manipulan o transportan los cultivos de microorganismos apropiados para la bio-oxidación en volúmenes suficientes para las operaciones de lixiviación comercial en pila. Éste en sí mismo es un ejercicio difícil y complicado.

Se ha descrito una amplia variedad de especies bacterianas como adecuadas para, o presentes en, los procesos de biooxidación del tipo descrito anteriormente. Estas incluyen *ThiobacillusFerrooxidans*; *ThiobacillusThiooxidans*; *ThiobacillusOrganoparus*; *ThiobacillusAcidophilus*; *SulfobacillusThermosulfidooxidans*; *SulfolobusAcidocaldarius*; *Sulfolobus BC*; *SulfolobusSolfataricus*; *AcidanusBrierley*; y *LeptospirillumFerrooxidans*. Estas especies se describen generalmente como autóctonas para el mineral a bio-oxidar y se proporcionan condiciones de la lixiviación que permitan que las especies de bacterias autóctonas florezcan y efectúen el proceso de bio-oxidación.

La temperatura a la cual opera la lixiviación en pila tiene un impacto en esas especies bacterianas que serán más activas en el proceso de bio-oxidación. Esto a menudo también impacta la eficiencia/efectividad de la lixiviación. Esto a su vez afectará la recuperación de metal de la solución saturada de lixiviación en las etapas inferiores de recuperación del metal. Tales problemas se realzan al intentar bio-oxidar los minerales tradicionalmente difíciles de lixiviar, tales como los minerales de calcopirita. La solicitud de patente internacional PCT/AU2004/001597 (WO 2005/056842) describe un proceso de este tipo, como lo hace la PCT/AU2004/000236 (WO 2004/081241) en el cual la lixiviación en pila se conduce a una temperatura que permite que ciertas especies bacterianas, introducidas en la pila, operen. El proceso de PCT/AU2004/000236 utiliza la presencia de especies bacterianas mesofílicas para elevar la temperatura del apilado hasta un punto en el que las especies bacterianas termofílicas operarán para bio-oxidar la calcopirita presente. La patente de Estados Unidos 6110253 también describe la bio-oxidación en la lixiviación en pila para un mineral de calcopirita pero usa una fuente externa de calor, tal como una solución de lixiviación calentada o el uso de aire caliente o vapor en la tubería de trabajo para introducir oxígeno a la pila.

La presente invención tiene como un objeto superar sustancialmente los problemas o las desventajas asociadas con la técnica anterior, o para proporcionar al menos una alternativa útil por la cual esos procesos se pueden operar. La discusión precedente de la técnica anterior intenta facilitar solamente una comprensión de la presente invención. Debe apreciarse que la discusión no es un reconocimiento o admisión a que cualquier material referido fuese parte del conocimiento común general tanto en Australia como en cualquier otro territorio a la fecha de prioridad de la solicitud.

A lo largo de la descripción, a menos que el contexto lo requiera de cualquier otra forma, la palabra "comprender" o variaciones como "comprende" o "comprendiendo", se entenderá que implica la inclusión de un entero o grupo de enteros declarados pero no la exclusión de cualquier otro entero o grupo de enteros.

**Descripción de la invención**

De acuerdo con la presente invención se proporciona un proceso para la lixiviación en pila de minerales de sulfuro, el proceso caracterizado por las etapas de proceso de:

5

- (i) La aglomeración o humectación del mineral suministrado;
- (ii) Exponer el mineral aglomerado o humectado a un inóculo que contiene una o más especies bacterianas capaces de bio-oxidar minerales de sulfuro en ese mineral;
- (iii) Formar una o más pilas del mineral de la etapa (ii);
- (iv) Dispersar posteriormente el inóculo bacteriano sobre al menos una porción de o de cada pila; y
- (v) Recuperar la solución de lixiviación que drena de la pila y pasar una porción de esta a un medio para la recuperación de metal,

10

en donde la etapa (i) se conduce en un aglomerador que tiene un primer extremo y un segundo extremo y la etapa (ii) tiene lugar en el segundo extremo del aglomerador del cual sale el mineral aglomerado o humectado.

15

Preferentemente, se proporciona un caldo bacteriano, el caldo para la producción de bacterias suministra el inóculo bacteriano para la adición al mineral aglomerado o humectado de la etapa (i) y también para la adición a la o a cada pila como en la etapa (iv).

20

Uno o más estanques de la solución de lixiviación se pueden proporcionar para recibir la solución de lixiviación de la o de cada pila. La solución de lixiviación de uno o de cada uno de los estanques de la solución de lixiviación se recircula preferentemente a la o a cada pila. Los estanques de la solución de lixiviación también pueden recibir el inóculo bacteriano del caldo para la producción de bacterias.

25

Una porción de la solución de lixiviación de la o de cada pila que se suministra a los medios para la recuperación de metal se toma preferentemente de la solución de lixiviación con antelación a su paso a los estanques de solución de lixiviación.

30

El proceso de la presente invención comprende además la combinación de un cultivo bacteriano primario con una muestra o porción del mineral que se usa en la etapa (i) en el caldo para la producción de bacterias para adaptar el cultivo bacteriano primario (madre) a este mineral. El caldo para la producción de bacterias también permite la adaptación del cultivo bacteriano primario al agua disponible del sitio la cual puede ser particularmente salina o puede tener otros contaminantes.

35

El caldo para la producción de bacterias se opera preferentemente sobre una base continua. La operación continua del caldo para la producción de bacterias se facilita en parte por la capacidad de dirigir el producto de este caldo al mineral de la etapa (ii), a la o a cada pila y/o a cada estanque de solución de lixiviación.

40

De acuerdo con la presente invención se proporciona además un proceso para la lixiviación en pila de minerales de sulfuro, el proceso se caracteriza por las etapas del proceso de:

45

- (i) Proporcionar un caldo para la producción de bacterias para la producción de un cultivo bacteriano capaz de bio-oxidar minerales de sulfuro en el mineral;
- (ii) Distribuir el cultivo bacteriano de este campo para inocular cada uno del mineral suministrado en la etapa de aglomeración o humectación; una o más pilas, y uno o más estanques dispuestos para recibir la solución de lixiviación de la o de cada pila, en donde las demandas específicas del proceso determinan la manera en la cual esta distribución se balancea y en donde la inoculación del mineral suministrado se conduce en un aglomerador que tiene un primer extremo y un segundo extremo y tiene lugar en el segundo extremo del aglomerador por el cual el mineral aglomerado o humectado sale.

50

El caldo para la producción de bacterias involucra preferentemente la exposición de una porción del mineral suministrado para ser oxidada a un cultivo bacteriano primario no autóctono a este mineral para pre-acondicionar o adaptar el cultivo bacteriano primario a este mineral.

55

De acuerdo con la presente invención el mineral se extrae primero en una manera conocida y se remite a un proceso de trituración en el cual el mineral se tritura a un tamaño predeterminado.

60

El mineral triturado se pasa posteriormente a una etapa de aglomeración o humectación. En la etapa de aglomeración o humectación, que será explicada en detalle después, el mineral triturado primero se aglomera o humecta y se inocula posteriormente con un inóculo bacteriano.

El mineral de la etapa de aglomeración o humectación se pasa después de esa etapa a un transportador y se usa para apilar una o más pilas.

- 5 Se proporciona un caldo para la producción de bacterias para la generación sustancialmente continua de un cultivo bacteriano adaptado. El caldo para la producción de bacterias es agitado, aireado y se controla su temperatura. Además, uno o más nutrientes, como el potasio, el nitrógeno, fósforo y magnesio también se pueden adicionar al caldo para la producción de bacterias como se considere necesario para las condiciones prevalecientes.
- 10 El caldo para la producción de bacterias se coloca en un sitio para permitir el suministro del inóculo bacteriano a la etapa de aglomeración o humectación, suministrar el inóculo bacteriano a la o a cada pila, o suministrar el inóculo bacteriano a uno o más estanques de las soluciones de lixiviación. Los tres suministros potenciales para el inóculo bacteriano permiten que el caldo de producción de bacterias opere sobre una base sustancialmente continua de manera que si no se alcanza un destino para el inóculo bacteriano, por razones del proceso, pueda ser apropiada una o más de las opciones restantes.
- 15 El caldo para la producción de bacterias se proporciona con una porción de mineral triturada para permitir la adaptación de un cultivo bacteriano primario a la mineralogía sulfurosa de este mineral triturado y a cualquier otra condición medioambiental específica, tal como la salinidad del agua del sitio. En este contexto nos referimos a la descripción de la solicitud de patente internacional PCT/AU00/01022 (WO 01/18264 A1) y además US 2004-0206208-A1,
- 20 La o cada pila se dispone de una manera generalmente conocida para drenar la solución de lixiviación de esta hacia uno o más estanques de la solución de lixiviación.
- 25 La o cada pila se proporciona con un medio para la irrigación de manera que se pueda suministrar agua, oxígeno disuelto, ácido, inóculo bacteriano, y/o nutrientes, o cualquier combinación de éstos a cada pila, si y cuando se considere apropiado.
- 30 El licor del(de los) estanque(s) de la solución de lixiviación se recircula sobre la o cada pila según sea apropiado. El vapor de purgado del licor o la solución de lixiviación madre de la o de cada pila se toma antes de los estanques de la solución de lixiviación y se pasa a un medio para la recuperación de metal. El medio puede comprender las etapas de intercambio de solvente y electrodeposición para recuperar cobre si el mineral sulfuroso del mineral triturado es calcopirita, por ejemplo.
- 35 La o cada pila se forma de una manera ampliamente conocida. Sin embargo, esta se puede describir en resumen como la proporción de una membrana impermeable sobre una almohadilla pre-preparada. La membrana puede comprender arcilla o HDPE, o puede ser una combinación de ambos o de otro material adecuado. La conveniencia de un material de este tipo se define por ser de permeabilidad cero o muy baja para la solución de lixiviación que se espera que fluya de la o de cada pila.
- 40 La preparación de una almohadilla incluye la provisión de medios para facilitar el drenaje de la solución de lixiviación de la pila apilada sobre esta. Este medio para facilitar el drenaje puede comprender una capa de piedra gruesa triturada o mineral, o un arreglo de la tubería de drenaje, por ejemplo.
- 45 La o cada pila se apila de manera que permita la aireación de la pila y puede incluir la provisión de tuberías perforadas en la pila a través de las cuales se puede soplar aire u otros gases o mezclas gaseosas.
- 50 La etapa de aglomeración o humectación comprende pasar el mineral triturado a un aglomerador en el primer extremo de este. También se introduce al aglomerador en el primer extremo al menos uno o más de agua, aglutinante y ácido. Esto ocurre groseramente en los primeros dos tercios del aglomerador en una área designada zona de aglomeración o humectación. Como el mineral triturado pasa a lo largo de la longitud del aglomerador este pasa de la zona de aglomeración o humectación a la porción restante del aglomerador, designada zona de inoculación. En el segundo extremo del aglomerador se proporciona una entrada, por ejemplo, una o más boquillas atomizadoras para la atomización del inóculo bacteriano. De esta manera el inóculo bacteriano del caldo para la producción de bacterias se atomiza sobre el mineral triturado poco antes que el mineral triturado aglomerado salga del aglomerador.
- 55 El mineral aglomerado pasa del segundo extremo del tambor del aglomerador a una o más bandas transportadoras que pasan el mineral aglomerado a la pila(s). El inóculo bacteriano puede, adicionalmente a o en lugar de la introducción al aglomerador, ser atomizado sobre el mineral aglomerado a través de una boquilla atomizadora o boquillas atomizadoras a medida que este se transporta sobre la o en cada banda transportadora.
- 60 Todavía de acuerdo con la presente invención se proporciona además un método de aglomeración para la aglomeración de un mineral de sulfuro a ser lixiviado en pila, donde el método de aglomeración se caracteriza por las siguientes etapas del método:
- 65 (i) Aglomerar al menos en parte el mineral con uno o más de un ácido, un aglutinante y agua;  
(ii) Adicionar un inóculo bacteriano de bacterias capaces de oxidar los sulfuros al menos parcialmente del mineral aglomerado de la etapa (i);

(iii) El mineral consiguientemente aglomerado se apila posteriormente en una o más pilas para la lixiviación; y

en donde la etapa (i) se conduce en un aglomerador que tiene un primer extremo y un segundo extremo y la etapa (ii) tiene lugar en el segundo extremo del aglomerador del cual sale el mineral aglomerado o humectado.

La inoculación efectiva del mineral aglomerado, antes del apilamiento de las pilas, ayuda en la distribución uniforme del cultivo bacteriano adaptado o inóculo suministrado a partir del caldo para la producción de bacterias. La distribución uniforme del inóculo bacteriano a lo largo de la pila minimiza cualquier retraso asociado con la necesidad de las bacterias para poblar la pila. Además, la exposición del inóculo bacteriano al mineral aglomerado en esta fase temprana permite la oxidación del mineral de sulfuro, o lixiviación, para comenzar inmediatamente si la mineralogía del mineral de sulfuro y las condiciones son apropiadas.

Se entenderá que el apilamiento de la o de cada pila es efectivamente un proceso continuo, por lo que requiere el funcionamiento sustancialmente continuo del caldo para la producción de bacterias. Esta es una razón por la que la provisión de un caldo para la producción de bacterias sustancial y continuamente operable se ve como ventajosa para la lixiviación en pila de minerales de sulfuro

#### Breve descripción de los dibujos

La presente invención se describirá ahora a modo de ejemplo solamente, con referencia a una modalidad de esta y los dibujos acompañantes en los cuales:-

La Figura 1 es un diagrama esquemático del proceso para la lixiviación en pila de minerales de sulfuro de acuerdo con la presente invención; y

La Figura 2 es una representación esquemática de la etapa de aglomeración o humectación y la etapa de la introducción del inóculo bacteriano del proceso de la Figura 1.

#### Mejores modos para llevar a cabo la Invención

Un proceso 10 para la lixiviación en pila de minerales de sulfuro de acuerdo con la presente invención se muestra en Figura 1. El mineral se extrae primero 12 de una manera conocida y se remite a un proceso de trituración 14 en el cual el mineral se tritura a un tamaño predeterminado. El tamaño está en el intervalo de aproximadamente 2 mm a 200 mm y se determina por las características de liberación de los sulfuros presentes. Se prevé que puedan tolerarse tamaños más grandes en ciertas circunstancias, incluyendo la aplicación de la presente invención para usar con desechos.

El mineral triturado se pasa posteriormente a la etapa de aglomeración o humectación 16. En la etapa de aglomeración o humectación 16, a ser explicada en detalle en adelante, el mineral triturado es primeramente aglomerado o humectado y posteriormente se inocula con un inóculo bacteriano 18.

El mineral de la etapa de aglomeración o humectación 16 se pasa después de esta a un portador y se usa para apilar una o más pilas 20.

Se proporciona un caldo para la producción de bacterias para la generación sustancialmente continua de un cultivo bacteriano adaptado. El caldo para la producción de bacterias comprende una serie de tanques agitados y aireados con temperatura controlada. Además, uno o más nutrientes, como el potasio, el nitrógeno, fósforo y magnesio también se pueden adicionar al caldo para la producción de bacterias según se considere necesario para las condiciones prevalecientes.

El caldo para la producción de bacterias 22 se coloca en el sitio para permitir el suministro del inóculo bacteriano 18 en la etapa de la aglomeración o humectación 16, para suministrar el inóculo bacteriano 24 a la o a cada pila 20, o para suministrar el inóculo bacteriano 26 a uno o más estanques de las soluciones de lixiviación 28. Los tres suministros potenciales 18, 24 y 26 para el inóculo bacteriano permiten que el caldo para la producción de bacterias 22 opere sobre una base sustancialmente continua, de manera que si no se alcanza un destino para el inóculo bacteriano, una o más de las opciones restantes puede ser apropiada.

El caldo para la producción de bacterias 22 se proporciona con una porción de mineral finamente triturado 14 para permitir la adaptación de un cultivo bacteriano primario a la mineralogía sulfurosa de este mineral triturado y a cualquier otra condición medioambiental específica, como la salinidad del agua del sitio. En este contexto nos referimos a la descripción de la solicitud de patente internacional PCT/AU00/01022 (WO 01/18264 A1) y además US 2004-0206208-A1,

La cantidad de mineral finamente triturado 14 que se suministra al caldo para la producción de bacterias es suficiente para proporcionar una pulpa delgada de menos de o igual a 1% de sólidos. El tiempo de retención de la pulpa en el caldo para la producción de bacterias 22 es suficiente para que las bacterias se multipliquen en número tal que siempre esté presente una población significativa de bacterias, preferentemente en el orden de  $10^8$  y  $10^9$  bacterias por mililitro de solución. En una forma de la invención éste es un proceso de dos fases, donde el primero es la oxidación de sulfuros

por las bacterias en la cual las bacterias se multiplican en número. La segunda fase se distingue por el desprendimiento de las bacterias de los sólidos los cuales serán muy oxidados, y están disponibles para unirse a los sólidos frescos. Se espera que el tiempo de retención para la pulpa en cada una de estas fases esté en el orden de 2 días en cada una.

5 La o cada pila 20 se dispone de una manera generalmente conocida para drenar la solución de lixiviación de esta a uno o más de los estanques de la solución de lixiviación 28.

10 La o cada pila 20 se proporciona con un medio para la irrigación (no se muestra) de manera que cada pila se pueda proporcionar con agua, oxígeno disuelto, inóculo bacteriano, ácido, y/o nutrientes, o cualquier combinación de éstos, si y cuando se considere apropiado.

15 El licor de los estanques de la solución de lixiviación se recircula sobre la o cada pila 20 según sea apropiado, aunque tal recirculación puede ser regular. El vapor de purgado del licor o solución de lixiviación madre de la o cada pila 20 se toma antes de los estanques de la solución de lixiviación 28 y pasa a los medios para la recuperación del metal 30.

20 La o cada pila 20 se forma en una manera generalmente conocida. Sin embargo, esta se puede describir en resumen como la provisión de una membrana impermeable sobre una almohadilla pre-preparada. La membrana puede comprender arcilla o HDPE, o puede ser una combinación de ambos o de otro material adecuado. La conveniencia de un material de este tipo se define por ser de permeabilidad cero o muy baja a la solución de lixiviación que se espera que fluya de la o de cada pila 20.

25 La preparación de una almohadilla incluye la provisión de medios para facilitar el drenaje de la solución de lixiviación de la pila apilada sobre esta. Estos medios para facilitar el drenaje pueden comprender una capa de piedra gruesa triturada o mineral, o un arreglo de la tubería de drenaje, por ejemplo.

El o cada pila 20 se apila de manera que permita la aeración de la pila y puede incluir la provisión de tuberías perforadas en la pila a través de la cual se puede soplar aire y otros gases o mezclas gaseosas.

30 En la Figura 2 se muestra una etapa de aglomeración o humectación 16 en combinación con la introducción del inóculo bacteriano 18 como se describió en la presente anteriormente. La etapa de aglomeración o humectación 16 comprende pasar el mineral triturado a un tambor del aglomerador 32 en un primer extremo 34 de este. También se introduce al tambor del aglomerador 32 en o cerca del primer extremo 34 al menos uno o más de agua 36, un aglutinante, por ejemplo un aglutinante polimérico 38, y ácido 40. Esto ocurre groseramente en los primeros dos tercios del tambor del aglomerador 32 en un área designada zona de aglomeración o humectación 42. Como el mineral triturado pasa a lo largo de la longitud del tambor del aglomerador 32 pasa de la zona 42 de aglomeración o humectación a la porción restante del aglomerador, designada zona de inoculación 44. En o cerca del segundo extremo 46 del tambor del aglomerador 32 se proporciona una entrada, por ejemplo, una o más boquillas atomizadoras 48 para la atomización del inóculo bacteriano 18. De esta manera el inóculo bacteriano 18 del caldo para la producción de bacterias 22 se atomiza sobre el mineral triturado poco antes que el mineral triturado aglomerado salga del tambor del aglomerador 32.

40 El mineral triturado aglomerado tendrá un contenido de humedad de entre 2 a 20% en la mayoría de los casos, dependiente del tamaño de trituración del mineral y su mineralogía particular, tal como el contenido de arcilla.

45 El mineral aglomerado 50 pasa del segundo extremo 36 del tambor del aglomerador 32 a una o más bandas transportadoras 52 que pasan el mineral aglomerado 50 a las pilas 20. Los inóculo bacterianos 18 pueden adicionalmente a la introducción al tambor del aglomerador 32, atomizarse sobre el mineral aglomerado a través de un atomizador o atomizadores 54 cuando este se transporta sobre o en cada banda transportadora 52.

50 La inoculación efectiva del mineral aglomerado antes del apilamiento de las pilas 20, ayuda en la distribución uniforme del cultivo bacteriano adaptado o inóculo 18 suministrados por el caldo para la producción de bacterias 22. La distribución uniforme del inóculo bacteriano 18 a lo largo de la pila minimiza cualquier retraso asociado con la necesidad de las bacterias para poblar las pilas 20. Además, la exposición del inóculo bacteriano 18 al mineral aglomerado en esta fase temprana permite la oxidación del mineral de sulfuro, o lixiviación, para comenzar inmediatamente si la mineralogía del mineral de sulfuro y las condiciones son apropiadas.

55 El mecanismo específico para la inoculación del mineral durante la aglomeración como se describió en la presente también asegura hasta donde sea razonablemente posible que el inóculo no se exponga en toda su extensión a las severas condiciones físicas del proceso de aglomeración en sí mismo. Por ejemplo, la adición del inóculo bacteriano en o cerca del segundo extremo 36 del tambor del aglomerador 32 minimiza la exposición de las bacterias en el inóculo a las severas condiciones de aglomeración, incluyendo fuerzas abrasivas y de cizallamiento que se pueden experimentar. Como tal, una inoculación más efectiva debe resultar del método de aglomeración de la presente invención cuando se compara con los métodos de la técnica anterior.

60 Se entenderá que el apilamiento de la o de cada pila 20 es efectivamente un proceso continuo, lo que requiere una operación sustancialmente continua del caldo para la producción de bacterias 22. Esta es una razón por la que la

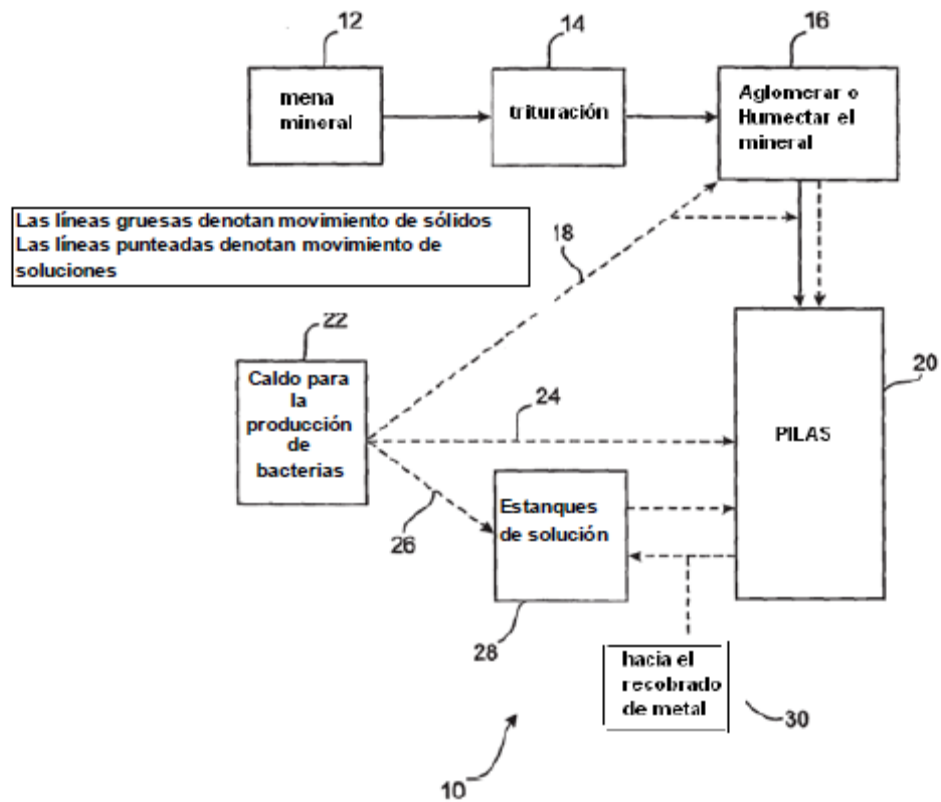
5 provisión de un caldo para la producción de bacterias sustancial y continuamente operable se ve como ventajoso para la lixiviación en pila de minerales de sulfuro Además, teniendo varias opciones disponibles para la distribución del cultivo bacteriano del caldo para la producción de bacterias 22 permite su operación sustancialmente continua. Es decir, el cultivo bacteriano adaptado o el producto del inóculo del caldo para la producción de bacterias 22 se pueden distribuir a uno o más de aglomeración o humectación, a los estanques de suministro de la o a cada pila, y/o directamente a la o a cada pila. Finalmente, se considera que el proceso de la presente invención es tal que permitirá una operación de lixiviación en pila usando la bio-oxidación para operar de forma más eficiente y rentable que aquellos de la técnica anterior.



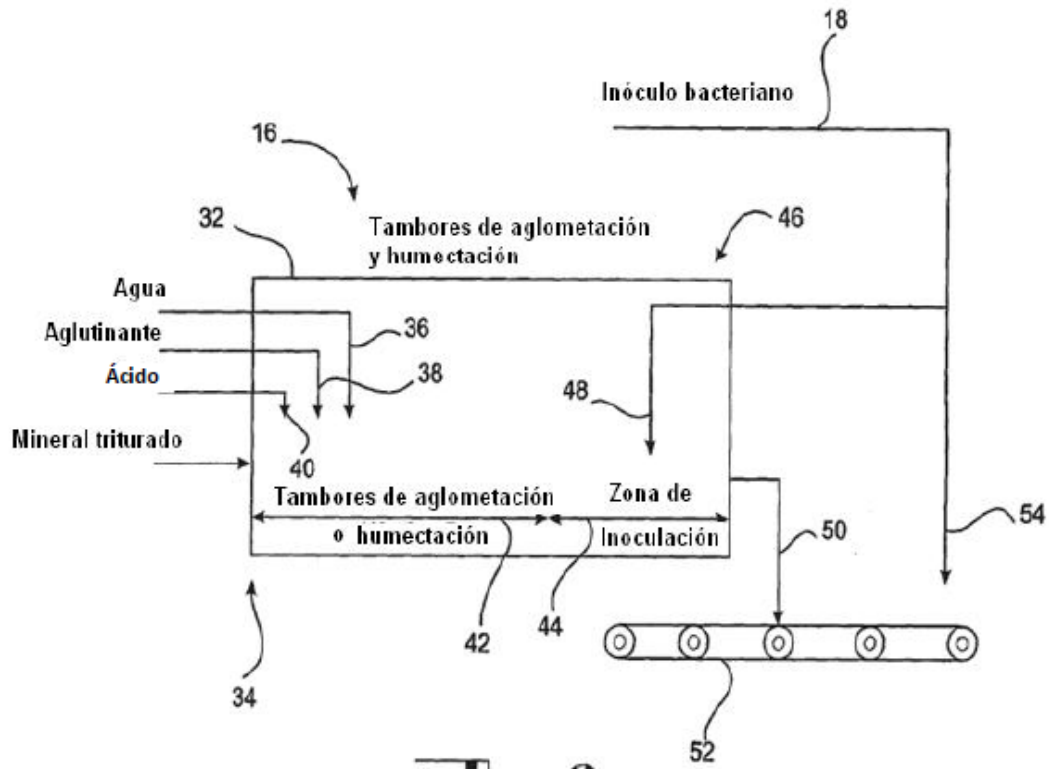
**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Un proceso (10) para la lixiviación en pila de minerales de sulfuro, el proceso **caracterizado por** las etapas del proceso de:
- (i) La aglomeración o humectación del mineral suministrado (16);
- (ii) Exponer el mineral aglomerado o humectado a un inóculo que contiene una o más especies bacterianas capaces de bio-oxidar minerales de sulfuro en ese mineral (18);
- 10 (iii) Formar una o más pilas (20) del mineral de la etapa (ii);
- (iv) Dispersar inóculo bacteriano adicional sobre al menos una porción de la o de cada pila (24); y
- (v) Recuperar la solución de lixiviación que drena de la pila (28) y pasar una porción de esta a un medio para la recuperación de metal (30),
- 15 en donde la etapa (i) se conduce en un aglomerador que tiene un primer extremo (42) y un segundo extremo (44) y la etapa (ii) tiene lugar en el segundo extremo del aglomerador (44) del cual sale el mineral aglomerado o humectado.
2. Un proceso de acuerdo con la reivindicación 1, en donde se proporciona un caldo para la producción de bacterias (22) para suministrar el inóculo bacteriano para la adición al mineral aglomerado o humectado de la etapa (i) y para la adición a la o a cada pila como en la etapa (iv).
- 20 3. Un proceso de acuerdo con la reivindicación 1 ó 2, en donde se proporciona uno o más estanques de la solución de lixiviación (28) para recibir la solución de lixiviación de la o de cada pila.
4. Un proceso de acuerdo con la reivindicación 3, en donde solución de lixiviación de la o de cada estanque de la solución de lixiviación se recircula a la o cada pila.
- 25 5. Un proceso de acuerdo con la reivindicación 3 ó 4, en donde los estanques de la solución de lixiviación (28) reciben además el inóculo bacteriano a partir de caldo para la producción de bacterias (22)
- 30 6. Un proceso de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 3 a 5, en donde la porción de la solución de lixiviación de la o de cada pila (20) que se suministra al medio para la recuperación de metal (30) se separa de la solución de lixiviación antes de pasarla a los estanques de la solución de lixiviación (28).
- 35 7. Un proceso de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 2 a 6, en donde el proceso comprende además la combinación de un cultivo bacteriano primario con una muestra o porción del mineral que se usa en la etapa (i) en el caldo para la producción de bacterias (22) para adaptar el cultivo bacteriano primario a ese mineral.
8. Un proceso de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 2 a 7, en donde el caldo para la producción de bacterias (22) permite la adaptación del cultivo bacteriano primario al agua disponible en el sitio.
- 40 9. Un proceso de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 2 a 8, en donde el caldo para la producción de bacterias (22) se opera en una base continua.
- 45 10. Un proceso de acuerdo con la reivindicación 9, en donde la operación continua del caldo para la producción de bacterias (22) se facilita en parte por la capacidad de dirigir el producto del caldo al mineral de la etapa (ii), a la o cada pila y/o al o a cada estanque de la solución de lixiviación (30).
- 50 11. Un proceso de acuerdo con la reivindicación 10, en donde el mineral que forma el mineral de suministro de la etapa (i) se extrae primero (12) y se remite a un proceso de trituración (14), en el cual el mineral se tritura a un tamaño predeterminado.
12. Un proceso de acuerdo con la reivindicación 11, en donde el mineral aglomerado o humectado de etapa (ii) se pasa de esa etapa a un transportador (52) y se usa para apilar la una o más pilas de la etapa (iii).
- 55 13. Un proceso de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde la etapa de aglomeración o humectación comprende pasar el mineral triturado al aglomerador (32) en el primer extremo de este (42)
- 60 14. Un proceso de acuerdo con la reivindicación 13, en donde al menos uno o más de agua (36) aglutinante (38), y ácido (40) se introducen en el aglomerador en el primer extremo de este (42).
15. Un proceso de acuerdo con la reivindicación 14, en donde el primer extremo (42) del aglomerador (32) se constituye de aproximadamente los primeros dos tercios del aglomerador en un área designada la zona de aglomeración o humectación.

16. Un proceso de acuerdo con la reivindicación 15, en donde cuando el mineral triturado pasa a lo largo de la longitud del aglomerador (32) este pasa de la zona de aglomeración o humectación (42) a la porción restante del aglomerador, designada la zona de inoculación (44).
- 5 17. Un proceso de acuerdo con la reivindicación 1, en donde se proporciona una entrada del inóculo en el aglomerador en forma de una o más boquillas atomizadoras (48).
18. Un proceso de acuerdo con la reivindicación 17, en donde mineral aglomerado pasa del segundo extremo del aglomerador a una o más bandas transportadoras (52) que pasa el mineral aglomerado a la o cada pila (20).
- 10 19. Un proceso de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 13 a 18, en donde el inóculo bacteriano, adicionalmente a la introducción en el aglomerador (32) se atomiza sobre el mineral aglomerado a través de un atomizador o atomizadores (48) cuando este se transporta a la o cada pila (20).
- 15 20. Un proceso para la lixiviación en pila de minerales de sulfuro como se reivindica en la reivindicación 1 el proceso **caracterizado por** las etapas del proceso de:
- (i) Proporcionar un caldo para la producción de bacterias (22) para la producción de un cultivo bacteriano capaz de bio-oxidar minerales de sulfuro en el mineral; y
- 20 (ii) Distribuir el cultivo bacteriano de ese caldo (22) para inocular cada uno de un mineral suministrado en una etapa de aglomeración o humectación (16) una o más pilas (24), y uno o más estanques (30) dispuestos para recibir la solución de lixiviación de la o de cada pila, en donde las demandas específicas del proceso determinan la manera en la cual esta distribución se balancea y en donde la inoculación del mineral suministrado se conduce en un aglomerador y tiene lugar en el extremo del aglomerador de donde sale el mineral aglomerado o humectado.
- 25 21. Un proceso de acuerdo con la reivindicación 20, en donde el caldo para la producción de bacterias (22) incluye la exposición de una porción del mineral suministrado a oxidar a un cultivo bacteriano primario no autóctono para ese mineral para pre-acondicionar o adaptar el cultivo bacteriano primario a este mineral.
- 30 22. Un proceso de acuerdo con la reivindicación 20 ó 21, en donde el caldo para la producción de bacterias es agitado, aireado y de temperatura controlada.
- 35 23. Un proceso de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 20 a 22, en donde uno o más nutrientes se añaden al caldo para la producción de bacterias (22) según sea necesario para las condiciones prevalecientes.
- 40 24. Un proceso de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 20 a 23, en donde el caldo para la producción de bacterias (22) se coloca en un sitio para permitir el suministro del inóculo bacteriano a la etapa de aglomeración o humectación (16) para suministrar el inóculo bacteriano a la o cada pila (24) o para suministrar el inóculo bacteriano a uno o más estanques de las soluciones de lixiviación (30).
- 45 25. Un proceso de acuerdo con la reivindicación 24, en donde los tres suministros potenciales del inóculo bacteriano permiten que el caldo para la producción de bacterias opere en una base sustancialmente continua de manera que si por razones del proceso no se alcanza un destino para el inóculo bacteriano, una o más de las opciones restantes puede ser apropiada.



**Fig. 1.**



**Fig. 2**