

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 668 233**

51 Int. Cl.:

**C22B 19/20** (2006.01)

**C22B 3/04** (2006.01)

**C22B 3/12** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **30.09.2011 PCT/CA2011/001094**

87 Fecha y número de publicación internacional: **05.04.2012 WO12040829**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.09.2011 E 11827856 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.02.2018 EP 2622108**

54 Título: **Recuperación selectiva de cinc en lixiviado a partir de un depósito de mena de sulfuro compuesto, coladas, mena triturada o lodos de mina**

30 Prioridad:

**30.09.2010 US 404244 P**

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

**17.05.2018**

73 Titular/es:

**YAVA TECHNOLOGIES INC (100.0%)  
300 Dwight Avenue Suite 101  
Toronto, Ontario M8V 2W7, CA**

72 Inventor/es:

**DAHAL, MADHAV**

74 Agente/Representante:

**AZNÁREZ URBIETA, Pablo**

ES 2 668 233 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

Recuperación selectiva de cinc en lixiviado a partir de un depósito de mena de sulfuro compuesto, coladas, mena triturada o lodos de mina

5

### ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Los sulfuros de plomo y cinc generalmente experimentan reacciones de oxidación-reducción similares. Como resultado, no se conoce un método para lixiviar y recuperar cinc de manera selectiva a partir de minerales compuestos sulfídicos de plomo y cinc. Esta invención se refiere a una lixiviación y recuperación selectivas de cinc a partir de cinc compuesto y usualmente de sulfuros que contienen plomo, que están o bien en forma de minerales sulfídicos complejos que contienen cinc y plomo metal o bien en forma de concentrados de sulfuro de cinc, *in situ* o *ex situ*, de forma económica y ambientalmente amigable.

15 El cinc es el cuarto metal más común en uso, solo por detrás del hierro, el aluminio y el cobre. Normalmente se encuentra en asociación con otros metales básicos como cobre y plomo en menas de origen natural. El cinc tiene una baja afinidad por los óxidos y prefiere unirse a sulfuro. La esfalerita, que es una forma de sulfuro de cinc, es la mena que contiene cinc más extraída. Los principales usos del cinc son en recubrimientos anticorrosivos sobre acero (galvanizado), componentes de precisión (moldeado por inyección), materiales de construcción, bronce, baterías secas, productos farmacéuticos y cosméticos y micronutrientes para seres humanos, animales y plantas. El óxido se emplea en la fabricación de pinturas, productos de caucho, revestimientos para suelos, plásticos, tintas de impresión, jabones, textiles, equipos eléctricos y otros productos.

20 El proceso metalúrgico extractivo convencional generalmente implica métodos pirometalúrgicos para recuperar el apreciado cinc a partir de sulfuros de cinc. El proceso de recuperación conocido básicamente conlleva triturar la mena, flotación de espuma (que separa selectivamente los minerales de la ganga aprovechando la diferente hidrofobicidad) para obtener un concentrado de mena, calcinación y reducción con carbono o electrodeposición. Sin embargo, dicho tratamiento a menudo supone costosas etapas de extracción y explotación para concentrar los sulfuros. Además, la producción de cinc empleando la tecnología conocida a partir de menas de cinc sulfídico produce grandes cantidades de dióxido de azufre,

dióxido de carbono y vapores de cadmio. La escoria de fundición y otros residuos del proceso también contienen cantidades significativas de metales pesados. Los vertederos de las operaciones mineras anteriores lixivian cantidades significativas de cinc y cadmio. Los suelos contaminados con cinc debido a la extracción de menas que contienen cinc, la refinación o cuando se usan lodos que contienen cinc como fertilizantes, pueden contener varios gramos de cinc por kilogramo de suelo seco. Se considera que niveles de cinc superiores a 500 ppm en el suelo interfieren con la capacidad de las plantas para absorber otros metales esenciales, como el hierro y el manganeso. Además, el estricto cumplimiento de las normas ambientales que rigen las operaciones mineras puede aumentar sustancialmente el coste de recuperar el cinc de sus menas mediante procesos convencionales.

Una búsqueda de patentes reveló solamente enfoques para lixiviar simultáneamente tanto plomo como cinc a partir de minerales sulfídicos compuestos de plomo-cinc. Geisler en la Patente de Estados Unidos 5.523.066 y Turner en la Patente de Estados Unidos 6.726.828 describen el uso de la extracción de lixiviación *in situ* utilizando una mezcla de ácido acético y peróxido de hidrógeno (para oxidar el sulfuro) con el fin de recuperar Ca, Mn, Pb y Zn como un lixiviado combinado a partir de una formación geológica permeable. Ambos métodos emplean peróxido de hidrógeno como oxidante. La descomposición del peróxido de hidrógeno con el tiempo y su efecto en el proceso de recuperación general queda sin explicación. La Patente de Estados Unidos N.º 4.500.398 utiliza ácido fluosilícico con un oxidante para disolver los sulfuros. Ninguno de estos métodos sugiere la lixiviación selectiva del cinc a partir de minerales sulfídicos compuestos de plomo y cinc aquí propuesta.

Chenglong et al. ("Leaching of zinc sulfide in alkaline solution via chemical conversion with lead carbonate", Hydrometallurgy, Elsevier Scientific Publishing CY. Amsterdam, NL, Vol. 90, N.º 1, 1 de enero de 2008, páginas 19-25) describen un proceso de recuperación Zn a partir de ZnS en una solución alcalina mediante conversión química con  $\text{PbCO}_3$ . De acuerdo con Chenglong et al., el azufre presente originalmente en el ZnS se puede convertir en PbS, mientras que el Zn se puede convertir en  $\text{Na}_2\text{Zn}(\text{OH})_4$  en una solución alcalina en presencia de  $\text{PbCO}_3$ .

## SUMARIO DE LA INVENCION

Se ha encontrado un nuevo método hidrometalúrgico para la disolución selectiva de cinc a partir de minerales sulfídicos compuestos de cinc.

5 La invención comprende un proceso para la lixiviación selectiva de cinc de mezclas y menas que contienen sulfuro de cinc, que comprende:

- a. poner en contacto la mezcla o mena con un lixivante acuoso que comprende:
  - 1) un oxidante seleccionado para oxidar el azufre presente a solo azufre elemental y 2) un hidróxido de metal alcalino en cantidad suficiente para formar un cincato de metal alcalino soluble;
- 10 b. ampliar el tiempo de contacto entre el lixivante y los sólidos para la recuperación y selectividad de cinc deseadas en el lixiviado a la vez que se mantienen las concentraciones operativas de reactivo;
- c. separar el lixiviado deseado de los sólidos residuales; y
- d. recuperar cinc del lixiviado.

15 El oxidante puede seleccionarse del grupo consistente en un gas que contiene oxígeno, un peróxido soluble en agua, un perclorato soluble en agua y un hipoclorito soluble en agua.

Preferiblemente, el oxidante es un hipoclorito en una concentración suficiente para oxidar todos los sulfuros presentes.

20 Cuando los sólidos de partida también contienen sulfuro de plomo, el lixiviado resultante está esencialmente libre de plomo después de un tiempo de contacto prolongado.

El potencial de oxidación deseado del lixivante para las etapas a) y b) se mantiene mediante la adición de reactivo. El contenido deseado de hidróxido de metal alcalino del lixivante se mantiene durante las etapas de lixiviación a) y b). El tiempo de contacto en las etapas a) y b) se prolonga hasta aproximadamente 24 horas para alcanzar la recuperación y selectividad deseadas.

En un aspecto preferente, los sulfuros compuestos se tratan con una mezcla de hidróxido sódico e hipoclorito sódico a temperatura y presión ambiente. Se usa hipoclorito de sodio como oxidante para oxidar el sulfuro del mineral compuesto a azufre elemental. El óxido de cinc así formado reacciona con hidróxido de sodio para formar un cincato de sodio soluble, que posteriormente se trata para

recuperar el cinc en forma de un carbonato de cinc de alta pureza. El carbonato de cinc se puede convertir fácilmente en otros productos de cinc, según los requisitos del usuario final.

5 En otra realización de la invención, los minerales no consolidados que contienen sulfuro de cinc de la invención, incluyendo bloques discretos de rocas y partículas de mena aglomeradas y concentrados, residuos de molienda que contienen sulfuro de cinc aglomerados y no aglomerados de explotaciones minerales y subproductos similares que contienen sulfuro de cinc, así como productos de desecho de los procesos de reciclaje, se lixivian *ex situ*, a temperatura y presión  
10 ambiente, con una solución que contiene hidróxido de sodio e hipoclorito de sodio. La solución de lixiviación enriquecida se elimina posteriormente y se trata para la recuperación del cinc.

#### BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

En las figuras, que forman parte de esta solicitud:

- 15 Figura 1: diagrama de flujo del proceso de la invención.
- Figura 2: gráfico que muestra la concentración acumulada de plomo en solución a diversas concentraciones de NaOH y NaOCl;
- Figura 3: gráfico que muestra la influencia de la concentración de NaOH y NaOCl en la extracción de plomo; y
- 20 Figura 4: gráfico que muestra la influencia de la concentración de NaOH y NaOCl en la extracción de cinc.

#### DESCRIPCIÓN DE LAS REALIZACIONES PREFERENTES

La Figura 1 es un diagrama de flujo del proceso de recuperación de cinc en forma de carbonato de cinc/metal de cinc del lixiviado obtenido por lixiviación de un  
25 mineral compuesto de sulfuro de plomo y cinc con un lixivante consistente en una mezcla de hipoclorito de sodio e hidróxido de sodio.

Se prepara un lixivante que consiste en una mezcla de hidróxido de sodio e hipoclorito de sodio diluyendo soluciones de grado de reactivo concentradas a un nivel de concentración predeterminado y mezclándolas bien en un reactor de  
30 tanque agitado. A continuación, se trata un mineral compuesto de sulfuro de plomo y cinc con el lixivante así preparado para disolver los sulfuros mediante un

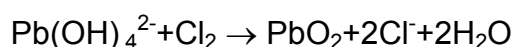
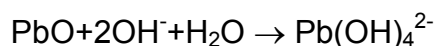
proceso de disolución oxidativa. El licor de lixiviación que contiene los iones metálicos disueltos se recoge en un tanque de retención de la solución de lixiviación enriquecida (PLS). Cualquier plomo presente en el lixiviado se separa y se recupera como metal de plomo empleando la cementación, una técnica bien  
5 conocida en la industria. Se burbujea dióxido de carbono gas a través del lixiviado sin plomo para precipitar el cinc como carbonato de cinc sólido, que se separa por filtración sólido-líquido. El carbonato de cinc así recuperado se disuelve en ácido sulfúrico para obtener una solución de sulfato de cinc, para la recuperación electrolítica del cinc como cinc metálico.

10 El lixiviado empobrecido en plomo y cinc se hace pasar a través de una celda electroquímica para regenerar el hipoclorito de sodio. La mezcla de solución regenerada que contiene hipoclorito de sodio y carbonato de sodio se trata con cal viva u óxido de calcio para precipitar el carbonato de calcio y regenerar el hidróxido de sodio. El carbonato de calcio precipitado se separa por filtración  
15 sólido-líquido. El filtrado, que consiste en una mezcla de hipoclorito de sodio e hidróxido de sodio, se recicla para una lixiviación adicional. El carbonato de calcio se calcina para producir dióxido de carbono gas y óxido de calcio. El dióxido de carbono gas se recicla para precipitar el carbonato de cinc y el óxido de calcio se recicla para regenerar la solución de hidróxido de sodio. El proceso general se  
20 lleva a cabo como una operación de ciclo cerrado.

En un aspecto del presente proceso para solubilizar cinc a partir de minerales sulfídicos de cinc compuestos en un cuerpo mineral, mena triturada o residuos, se utiliza una solución consistente en una mezcla de hidróxido de sodio e hipoclorito de sodio. En una de las realizaciones preferentes de la presente invención, los  
25 minerales que contienen sulfuro de la mena se ponen en contacto con una mezcla de hidróxido de sodio e hipoclorito de sodio a pH alto. La solución de lixiviación reacciona con los minerales sulfídicos para alcanzar la mayor concentración de iones metálicos con el fin de que el proceso de lixiviación sea económico en términos de la cinética del proceso. La solución enriquecida que contiene los  
30 metales relevantes disueltos, en particular cinc solubilizado, se recupera de la solución de lixiviación mediante la precipitación del cinc como carbonato de cinc. El hidróxido de sodio (uno de los reactivos de laboratorio más comunes) combinado con hipoclorito de sodio (comúnmente conocido como lejía) garantiza que los reactivos utilizados en el proceso de lixiviación no dañen el medio  
35 ambiente. El proceso de lixiviación se realiza a temperatura y presión ambiente.

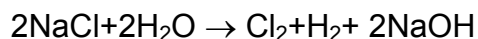
En una realización preferente, con una concentración por ejemplo de aproximadamente 0,48M de hipoclorito de sodio y por ejemplo de aproximadamente 1,35M de hidróxido de sodio, se extrajo aproximadamente el 96% del cinc en menos de 24 horas, mientras que la recuperación de plomo fue inferior a aproximadamente el 1%. Se observó que la cinética de lixiviación del cinc era exactamente opuesta a la cinética de lixiviación del plomo. Si bien el porcentaje de recuperación de plomo disminuyó rápidamente desde una extracción inicial de aproximadamente el 15-25%, en gran medida atribuible a la precipitación de plomo como dióxido de plomo debido a la sobreoxidación, el porcentaje de recuperación de cinc aumentó rápidamente inicialmente y se mantuvo entonces constante. El cinc se recuperó de la solución a medida que el carbonato de cinc y el cloruro de sodio disueltos en la solución se electrolizaban para regenerar el lixivante original, constituyendo un proceso de ciclo cerrado.

La recuperación de metales a partir de sus sulfuros por métodos hidrometalúrgicos habitualmente requiere la oxidación del ion sulfuro en sulfuro metálico para solubilizar el metal y, por tanto, para recuperarlo de la solución. Se ha encontrado que para obtener mejores resultados, el sulfuro de los minerales sulfídicos se oxida solo a azufre elemental, por tanto, el potencial de oxidación del oxidante en la solución de lixiviación se ajusta de manera que es no sea suficiente para oxidar el sulfuro al estado hexavalente. Se entiende que el potencial de oxidación de un reactivo significa la potencia del reactivo para ceder electrones y puede expresarse cuantitativamente en milivoltios. En el presente proceso para lixiviar cinc a partir de minerales sulfídicos de cinc mediante una mezcla de hidróxido de sodio e hipoclorito de sodio, el oxidante (hipoclorito de sodio) podría reemplazarse potencialmente por oxígeno o aire, haciendo que el proceso sea aún más económico. Otros metales alcalinos, por ejemplo el K, podrían reemplazar el sodio. La disolución selectiva del sulfuro de cinc a partir de minerales sulfídicos compuestos de cinc y plomo se atribuye en gran parte a la sobre-oxidación del plomo, que conduce a la reprecipitación del plomo como dióxido de plomo durante el proceso de lixiviación atribuible a las siguientes reacciones:



La química implicada en el proceso de lixiviación alcalina es la siguiente:

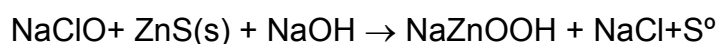
1. El cloro y el hidróxido de sodio se producen por electrólisis de una solución acuosa de cloruro de sodio.



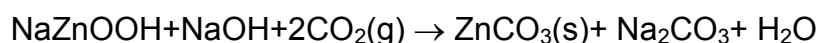
2. El hipoclorito de sodio se produce mezclando cloro con hidróxido de sodio.



3. El hipoclorito de sodio reacciona con sulfuro de cinc en presencia de hidróxido de sodio para producir cincato de sodio soluble, cloruro de sodio y azufre elemental.



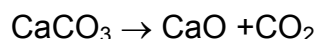
- 10
4. El cincato de sodio soluble producido en la etapa 3 se trata con dióxido de carbono gas para precipitar el carbonato de cinc insoluble.



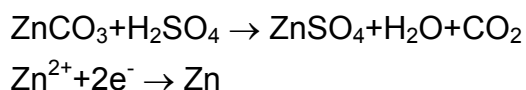
5. El hidróxido de sodio se regenera tratando el carbonato de sodio producido en la etapa 4 con cal viva.



6. El carbonato de calcio producido en la etapa 5 se calcina para regenerar cal viva y dióxido de carbono gas, que se reciclan.



- 20
7. El metal cinc puro se produce por electrólisis de la solución de sulfato de cinc obtenida disolviendo el precipitado de carbonato de cinc de la etapa 4 en ácido sulfúrico.



25 Para eliminar las impurezas acumuladas durante el proceso de lixiviación se trata de forma intermitente con una solución de purgado.

La presente invención tiene la ventaja adicional de que no implica la preconcentración de los minerales, lo que puede requerir costosos gastos de



minería y equipos. El proceso no crea problemas de drenaje de ácido y usa reactivos relativamente benignos para el medio ambiente.

### Ejemplo 1

Se colocaron 50 g de mena triturada en una botella con 450 ml de lixiviante. El  
5 lixiviante se preparó mezclando 300 ml de hipoclorito de sodio de grado de  
consumo (NaOCl) con 150 ml de agua desionizada y 24,3 g de hidróxido de sodio  
(NaOH). Las concentraciones diana antes del ensayo eran NaOH 1,35M y NaOCl  
0,6M. La mezcla se agitó continuamente con un agitador magnético. Se  
10 recogieron muestras de 20 ml en un intervalo de tiempo fijo y se analizaron  
cuantitativamente para determinar la concentración tanto de plomo como de cinc.  
Aproximadamente el 96% de cinc se recuperó en menos de 24 horas. Se  
encontró que la concentración de plomo en la solución al final tras las 24 horas  
del experimento era inferior al 1%.

### Ejemplo 2

15 Se realizó un ensayo en columna para imitar la lixiviación *in situ*.  
Aproximadamente 120 g de mena triturada que contenía plomo compuesto y  
minerales sulfídicos de cinc se trituraron ligeramente con un mortero y se  
cargaron en tubos de vinilo transparente de 1,27 cm de DI (diámetro interno) x 51  
cm de L. Se pusieron pequeños tapones de lana de vidrio en los extremos del  
20 tubo, actuando como filtros de partículas a medida que el líquido atraviesa la  
columna. Golpear los lados de la columna aseguró un envasado uniforme. Antes  
de la lixiviación, se roció agua desionizada con N<sub>2</sub> a través de la columna para  
eliminar el aire atrapado. El agua desionizada se mantuvo en la columna sellada  
durante una noche.

25 El lixiviante (NaOH 0,675M y NaOCl 0,48M) se bombeó hacia arriba a través de la  
columna, a un caudal relativamente constante, usando una bomba peristáltica. El  
efluente se recogió en un embudo de decantación. Se recogieron muestras  
acuosas de 10-15 ml a la salida de la columna a intervalos de tiempo  
preestablecidos y se analizaron cuantitativamente para determinar la  
30 concentración de plomo y cinc. El caudal diana era de 1 ml/min, lo que se traduce  
en aprox. 20 minutos de tiempo de residencia en la columna. El caudal promedio  
real durante todo el período de prueba de 22,5 horas fue de 1,05 ml/min. Mientras  
que se recuperó aproximadamente el 81% del cinc, solo se extrajo alrededor del  
1% de plomo.

Se realizaron pruebas de lixiviación cinética detalladas a diversas concentraciones de hidróxido de sodio e hipoclorito de sodio. La Tabla 1 resume los resultados experimentales mostrados en las Figuras 2, 3 y 4.

5

Tabla 1: Resultados experimentales para lixiviar mineral compuesto de sulfuro de plomo y cinc

	<b>Tiempo</b>	<b>Volumen</b>	<b>% extracción plomo</b>	<b>% extracción cinc</b>
	<b>(h)</b>	<b>(ml)</b>	<b>%</b>	<b>%</b>
<b>a)</b> NaOCl 0,24M NaOH 0,675M	1	450	11%	50%
	2	442	9%	58%
	4	434	6%	66%
	24	426	1%	76%
	48	418	2%	74%
	51	460	1%	74%
	72	452	0%	75%
<b>b)</b> NaOCl 0,24M NaOH 1,35M	1	450	25%	46%
	2	442	23%	57%
	4	434	21%	69%
	24	426	14%	84%
	48	418	7%	83%
	51	460	4%	85%
	72	452	0%	86%
<b>c)</b> NaOCl 0,48M NaOH 0,675M	1	450	5%	55%
	2	442	5%	64%
	4	434	4%	72%
	24	426	1%	81%
	48	418	1%	79%
	72	410	1%	74%
<b>d)</b> NaOCl 0,48M NaOH 1,35M	1	450	20%	61%
	2	442	17%	71%
	4	434	15%	80%
	24	426	1%	96%
	48	418	1%	95%
	72	410	0%	89%

La Figura 2 muestra la cantidad de plomo que permanece disuelto en el lixiviado después de lixiviar un mineral compuesto de sulfuro de plomo y cinc empleando un lixivante consistente en una mezcla de hidróxido de sodio e hipoclorito de sodio. El efecto de las concentraciones variables de hipoclorito de sodio a  
5 diversas concentraciones de hidróxido de sodio indica claramente que hay una disminución rápida de la cantidad de plomo disuelto en el lixiviado con el tiempo.

La Figura 3 muestra la eficacia cinética de la extracción de plomo en la lixiviación de una mezcla de mineral de sulfuro de plomo y cinc compuesto que emplea un lixivante consistente en una mezcla de hidróxido de sodio e hipoclorito de sodio.  
10 El efecto de concentraciones variables de hipoclorito de sodio a diversas concentraciones de hidróxido de sodio indica de nuevo que hay una disminución rápida en la eficiencia de extracción de plomo con el tiempo.

La Figura 4 muestra la eficacia cinética de la extracción de cinc en la lixiviación de una mezcla de mineral de sulfuro de plomo y cinc compuesto que emplea un  
15 lixivante consistente en una mezcla de hidróxido de sodio e hipoclorito de sodio. En contraste directo con la eficiencia de extracción de plomo, el efecto de concentraciones variables de hipoclorito de sodio a diversas concentraciones de hidróxido de sodio indica claramente una recuperación rápida y altamente eficiente de la extracción de cinc con el tiempo.

20 Aunque la presente invención se ha descrito con referencia a las realizaciones preferidas, se debe entender que puede recurrirse a modificaciones y variaciones sin apartarse del alcance de la invención, como entenderán fácilmente los expertos en la técnica. Dichas modificaciones y variaciones se consideran dentro del alcance de la invención y las reivindicaciones adjuntas.

25

**Reivindicaciones**

1. Proceso para la lixiviación selectiva de cinc a partir de mezclas y menas que contienen sulfuro de cinc, que comprende:
  - a) poner en contacto la mezcla o mena con un lixivante acuoso que comprende: 1) un oxidante seleccionado para oxidar el azufre presente solo a azufre elemental y 2) un hidróxido de metal alcalino en cantidad suficiente para formar un cincato de metal alcalino soluble;
  - b) ampliar el tiempo de contacto entre el lixivante y los sólidos para proporcionar la recuperación y selectividad de cinc deseada en el lixiviado mientras se mantienen las concentraciones operativas de reactivo;
  - c) separar el lixiviado deseado de los sólidos residuales; y
  - d) recuperar cinc del lixiviado.
2. Proceso de la reivindicación 1, donde el oxidante se selecciona del grupo consistente en un gas que contiene oxígeno, un peróxido soluble en agua, un perclorato soluble en agua y un hipoclorito soluble en agua.
3. Proceso de la reivindicación 1 o 2, donde el oxidante es un perclorato soluble en agua o un hipoclorito soluble en agua.
4. Proceso de la reivindicación 2, donde el oxidante es un hipoclorito en una concentración suficiente para oxidar todos los sulfuros presentes.
5. Proceso según cualquiera de las reivindicaciones 1-4, donde el oxidante es hipoclorito de sodio.
6. Proceso de la reivindicación 1, donde el lixivante contiene hipoclorito de sodio e hidróxido de sodio.
7. Proceso de la reivindicación 1, donde los sólidos de partida también contienen sulfuro de plomo y el lixiviado resultante está esencialmente libre de plomo después de un tiempo de contacto prolongado.
8. Proceso de la reivindicación 1, donde el potencial de oxidación deseado del lixivante para las etapas a) y b) se mantiene mediante la adición de reactivo.
9. Proceso de la reivindicación 1, donde el contenido deseado de hidróxido de metal alcalino del lixivante se mantiene durante las etapas de lixiviación a) y b).

10. Proceso de la reivindicación 1, donde el tiempo de contacto en las etapas a) y b) se prolonga durante hasta aproximadamente 24 horas para alcanzar la recuperación y selectividad deseadas.
  11. Proceso de la reivindicación 1, donde el cinc en la etapa d) se recupera por precipitación como carbonato de cinc.
- 5

FIG. 1

Etapa 1: Constitución del lixiviante inicial:  $\text{NaClO} + \text{NaOH}$

Etapa 2: Aclarado y solución de estabilización

Etapa 3: Agua de aclarado empleada para el evaporador de RO

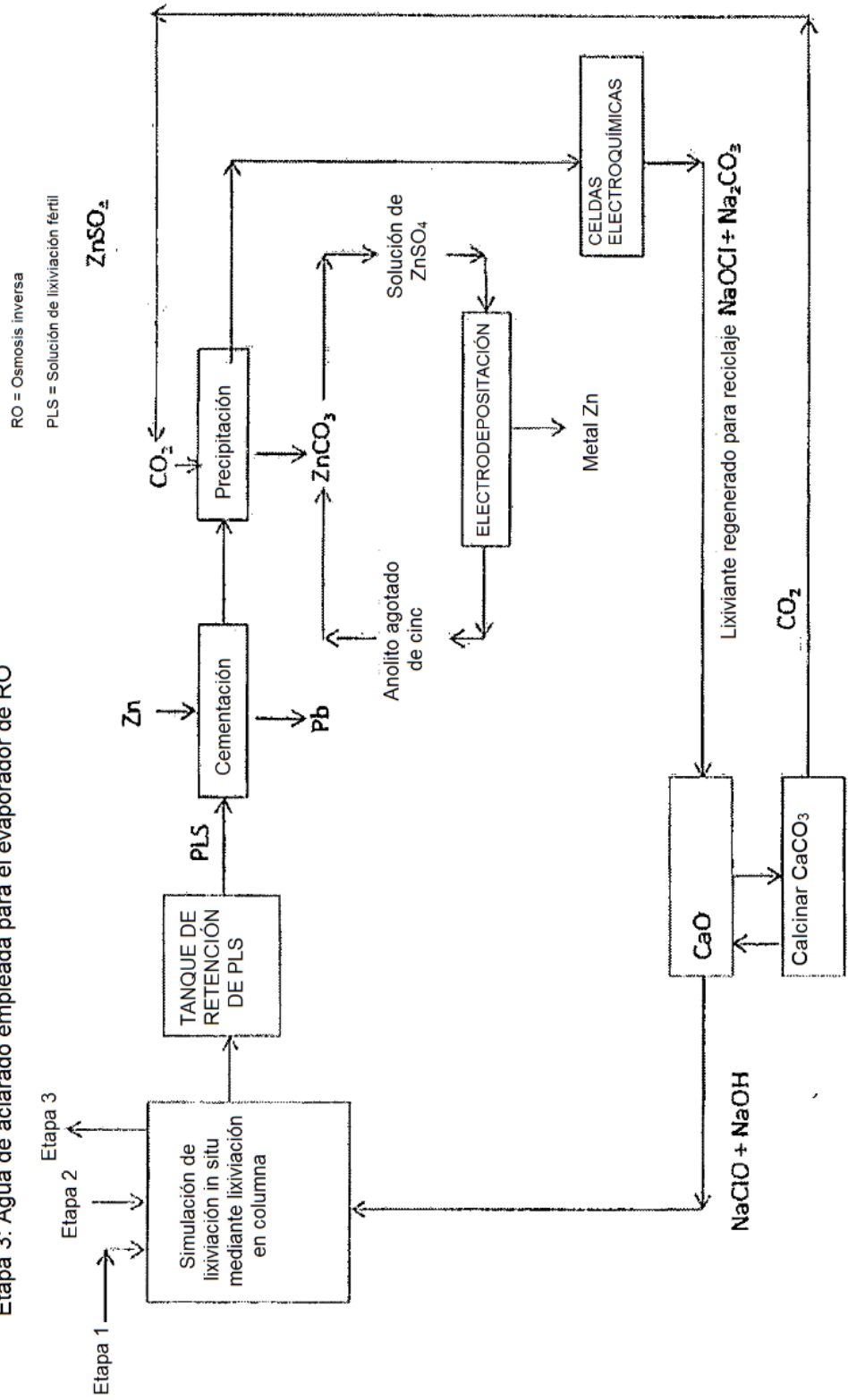


FIG. 2

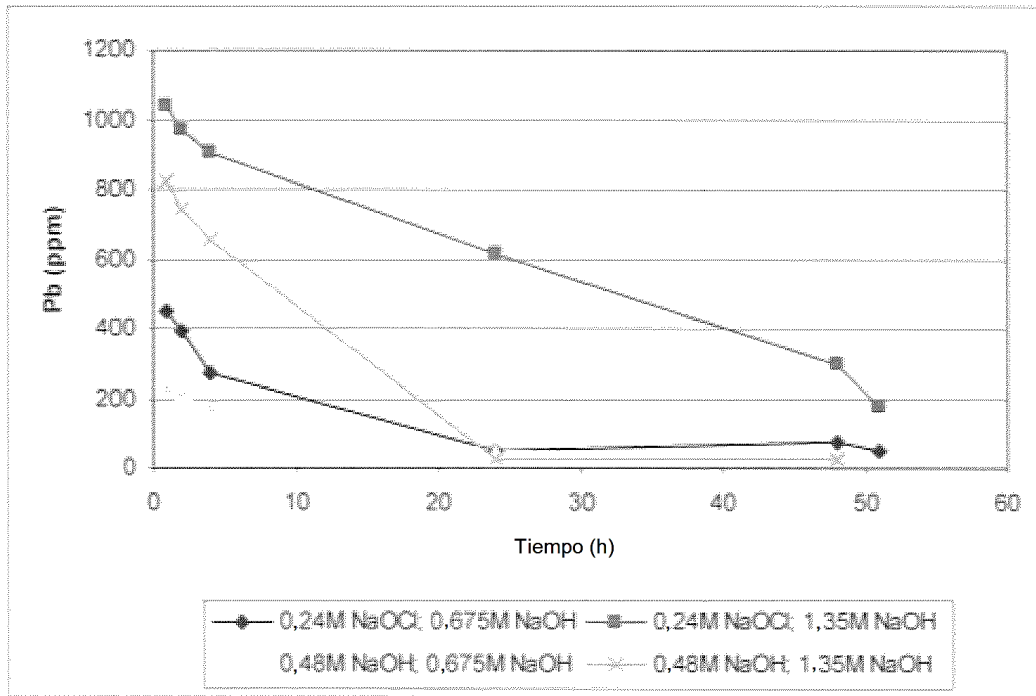


FIG. 3

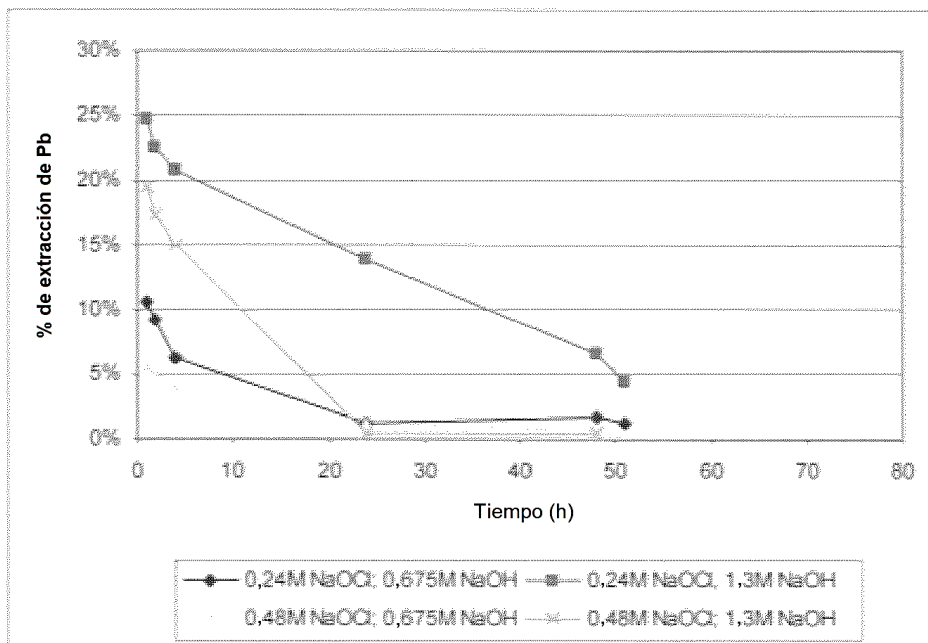


FIG. 4

