

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 683 200**

51 Int. Cl.:

G01V 3/02	(2006.01)	G01N 33/24	(2006.01)
G01N 27/04	(2006.01)	E21C 41/00	(2006.01)
E02F 3/88	(2006.01)		
E21D 13/00	(2006.01)		
B63C 11/52	(2006.01)		
E21F 15/00	(2006.01)		
E02F 3/90	(2006.01)		
E21B 47/00	(2012.01)		
E21C 39/00	(2006.01)		
G01V 3/20	(2006.01)		

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **24.12.2013 PCT/AU2013/001525**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **03.07.2014 WO14100858**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.12.2013 E 13866966 (8)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.05.2018 EP 2936210**

54 Título: **Vigilancia de minerales preciosos**

30 Prioridad:

24.12.2012 AU 2012905695

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

25.09.2018

73 Titular/es:

**VDL GOLD PTY LTD. (100.0%)
Level 10 379 Collins Street
Melbourne, Victoria 3000, AU**

72 Inventor/es:

CAMPBELL, JOHN GORDON MACKAY

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 683 200 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

Vigilancia de minerales preciosos

Campo de la invención

La invención se refiere a operaciones de explotación subterránea efectuadas bajo una capa de roca.

5 Antecedentes de la invención

Las referencias a cualquier técnica anterior en la especificación no son, ni deberían considerarse como, un reconocimiento o cualquier forma de insinuación de que esta técnica anterior forma parte del conocimiento general común en Australia o en cualquier otra jurisdicción o de que esta técnica anterior podría esperarse razonablemente que fuese establecida, entendida y considerada como relevante por un experto en la técnica.

10 La perforación para detectar aluvión aurífero bajo el recubrimiento de basalto ha sido, durante más de 100 años, el único medio para la prospección de cauces antiguos de río rellenos de aluvión (*deep leads*). Estos agujeros, normalmente perforados al diamante, proporcionan pocos datos que no sean el espesor del recubrimiento de basalto y del aluvión y la profundidad del lecho rocoso. Con frecuencia no era posible determinar la presencia de oro. Determinar la ubicación y los límites de yacimientos de oro en cauces antiguos de río rellenos de aluvión y evaluar su potencial económico es difícil, y los resultados son considerablemente menos definitivos que en muchos otros tipos de yacimientos minerales.

En términos generales, para un cauce antiguo de río relleno de aluvión, la zona objetivo mineralizada es estrecha en relación con la anchura del fondo del valle original y tanto más en comparación con la anchura de la capa de basalto que posteriormente inundó el valle, a veces ocultándolo por completo. Por lo tanto, es imposible utilizar datos geológicos de la superficie para localizar el curso del cauce del río estrecho y sinuoso que transportaba los depósitos de grava aurífera. El único medio práctico de exploración ha sido la perforación de hileras de agujeros a través del curso supuestamente probable del yacimiento. Esto resulta eficaz a la hora de esbozar el perfil general del fondo del valle original y localizar acumulaciones de derrubio de mayor espesor. Sin embargo, el coste de un patrón de perforación suficientemente denso para detectar partes del lecho rocoso con gran concentración de oro de sólo unas pocas decenas de metros de anchura se ha considerado prohibitivo.

La experiencia general de utilizar los resultados de agujeros de sondeo para determinar las concentraciones de oro en el derrubio ha demostrado ser bastante poco fiable. Para penetrar el recubrimiento de basalto se ha tenido que utilizar una perforación de pequeño diámetro (200 mm o menos). Los agujeros de este tamaño proporcionan un volumen de muestra demasiado pequeño para una determinación de calidad fiable en grava y arena poco consolidada que contiene partículas gruesas de oro. Es frecuente que mediante el método de perforación no se recuperen los granos de oro de mayor tamaño y a menudo los resultados parecen haber subestimado incluso las calidades locales dentro de un yacimiento. Se han aplicado métodos de exploración geofísica modernos con un éxito no muy claro a la hora de determinar profundidades de basalto y lecho rocoso en zonas de cauces antiguos de río rellenos de aluvión.

35 La distribución granulométrica del oro a lo largo de la dirección del cauce es importante a la hora de evaluar la probabilidad de que el cauce pueda haberse cargado en diversos puntos a lo largo de su curso con oro procedente de sistemas afluentes o de afloramientos de yacimientos verticales de oro del lecho rocoso que puedan haberse movido de un lado a otro. Geológicamente, la introducción de oro en diversos puntos a lo largo de su curso se espera que sea considerablemente más favorable para la persistencia corriente abajo de concentraciones económicas, que si la única fuente se hallase en la cabeza del cauce.

Todo método de minería que proponga explotar estos yacimientos de cauces antiguos de río rellenos de aluvión tendrá que actuar a través de una profundidad de recubrimiento de hasta 120 m. En la mayoría de los casos, éste consiste en basalto bastante competente e independiente. La pared superior inmediata al derrubio aurífero es frecuentemente una sección poco consolidada y muy acuífera, dentro de un intervalo de hasta 100 m de espesor, de arena y arcilla que lleva poco oro, si lleva. Los métodos de minería subterránea especialmente desarrollados de los primeros mineros podían extraer la capa delgada (0,5 a 1,5 m) de derrubio aurífero sin experimentar una dilución importante a causa de estos lechos de arena y arcilla suprayacente. El desarrollo de un método que pueda explotar de forma rentable estos cauces antiguos de río rellenos de aluvión sin necesidad de un trabajo subterráneo intensivo constituiría un avance tecnológico de enorme importancia.

50 Para explotar pozos de sondeo se han propuesto varios métodos. La base de éstos ha sido por lo general el uso de chorros de agua para deshacer el aluvión y el bombeo del fango resultante a la superficie. El problema de estos sistemas está básicamente relacionado con el coste. En un yacimiento no consolidado, tal como un cauce antiguo de río relleno de aluvión, el techo, de peor calidad, se desplazará a la caverna. Esto significa que, para extraer un pequeño volumen de derrubio, se habrá de extraer un gran volumen de "material de recubrimiento". Es probable que el chorro de agua tenga un corto alcance, dado que estará trabajando en agua, que dispersará la fuerza. El resultado final es que se requiere un gran número de pozos de sondeo para extraer el derrubio y es poco probable que los aspectos económicos sean favorables. Además, existen presiones medioambientales que limitan los tipos de

métodos que pueden emplearse para extraer el oro; no importa cuán seguro pueda demostrarse que es un procedimiento, en muchos casos éste será inaceptable para la comunidad local.

A la luz de lo anterior, sería ventajoso disponer de mecanismos para extraer minerales deseables de yacimientos aluviales subterráneos contenidos debajo de una capa de roca, tal como una capa de basalto.

5 Específicamente, la invención se refiere a un dispositivo de vigilancia en línea para detectar un material de interés en un material de explotación, incluyendo el dispositivo: una pluralidad de electrodos que incluyen al menos un primer electrodo, que es un electrodo positivo o negativo, y unos segundos y terceros electrodos que tienen una carga opuesta a la del primer electrodo, estando el primer electrodo separado de los segundos y terceros electrodos por uno o varios espacios no conductores a través de los cuales puede pasar material de explotación, estando el dispositivo configurado para detectar la presencia del material de interés en el material de explotación según pasa
10 éste a través del espacio y forma una conexión eléctrica entre el primer electrodo y al menos uno de los segundos o terceros electrodos, así como a un procedimiento de vigilancia en línea para detectar un material de interés en un material de explotación. Un dispositivo de este tipo se describe en el documento US 3 728 622 A. En el documento CA 1 215 743 A se describe técnica anterior adicional. La invención tiene la intención de mejorar aún más tales
15 dispositivos.

Compendio de la invención

Existen varias opciones potenciales para la extracción de un mineral de yacimientos aluviales con contenido de mineral. Sin embargo, muchas de estas opciones no resultan prácticas por razones medioambientales, económicas o de percepción pública. Así pues, en un aspecto, la presente invención está orientada a un método alternativo para
20 extraer yacimientos aluviales con contenido de mineral utilizando un procedimiento de dragado por succión de cauces antiguos de río rellenos de aluvión. Preferiblemente, el mineral contenido en los yacimientos aluviales es oro.

Según un método para extraer yacimiento aluvial de una fuente subterránea debajo de una capa de roca, el método incluye: perforar un pozo de sondeo a través de la capa de roca; extraer parte del yacimiento aluvial de debajo de la capa de roca para formar una zona excavada; bajar al menos dos componentes al interior de la zona excavada,
25 teniendo cada componente un umbilical; ensamblar los al menos dos componentes para obtener un vehículo operado a distancia (ROV, por sus siglas en inglés); utilizar el vehículo operado a distancia para explotar el yacimiento aluvial y suministrar el yacimiento aluvial explotado a la superficie a través de al menos uno de los umbilicales.

Preferiblemente, la capa de roca es una capa de roca dura. Por ejemplo, la capa de roca puede ser una capa de basalto u otra roca formada por lava solidificada, u otra capa de roca que limite el acceso a un material aluvial contenido debajo de la misma.
30

Preferiblemente, el pozo de sondeo tiene un diámetro de alrededor de 1,8 m.

Preferiblemente son al menos tres los componentes que se bajan al interior de la zona excavada y se ensamblan para obtener el ROV.

35 Preferiblemente, el yacimiento aluvial mineral explotado se procesa en una planta de procesamiento en la superficie para extraer el material de interés, lo que tiene como resultado un material aluvial empobrecido en cuanto al mineral. Más preferiblemente, al menos parte del material aluvial empobrecido en cuanto al mineral se devuelve y se utiliza para rellenar la zona excavada.

También puede proporcionarse un vehículo operado a distancia (ROV) para el uso en la explotación subterránea de un yacimiento aluvial debajo de una capa de roca, incluyendo el vehículo operado a distancia: al menos un primer componente que tiene un primer umbilical, estando el primer componente dimensionado para caber por un pozo de sondeo; y un segundo componente que tiene un segundo umbilical, estando el segundo componente dimensionado para caber por el pozo de sondeo; estando el primer y el segundo componente configurados para ser unidos uno a otro en una zona excavada debajo de la capa de roca para formar el vehículo operado a distancia.
40

45 Los ROV se han utilizado en entornos subacuáticos para recuperar materiales del fondo, tales como materiales del fondo marino en el caso de un ROV submarino. La descripción siguiente está relacionada con ROV submarinos, pero es igualmente aplicable a ROV subacuáticos en general. Por lo general, los ROV submarinos no son adecuados para el uso en entornos subterráneos.

50 En primer lugar, la zona excavada de un entorno subterráneo no está necesariamente inundada de agua y, dado que muchos de los ROV submarinos están diseñados para propulsarse a través del agua, estos ROV no están adaptados para el uso en un entorno que no esté inundado. En segundo lugar, un entorno subterráneo inundado de agua contendrá una gran cantidad de sólidos suspendidos procedentes del proceso de explotación y excavación, en comparación con un entorno submarino en el que el ROV está funcionando en su mayor parte en agua de mar que tiene una concentración muy baja de sólidos suspendidos. En una zona excavada subterránea, el agua se halla
55 probablemente en forma de una solución cargada de partículas, tal como un fango o un fango aluvial. Por lo tanto, el

ROV ha de ser capaz de funcionar en un entorno acuoso que esté cargado de material en partículas o que sea fango.

Además, por regla general los ROV no están limitados en cuanto al tamaño. El ROV es un dispositivo unitario, o puede ensamblarse en la cubierta de un barco o de una plataforma antes de sumergirlo en el océano. No es necesario ensamblar el ROV a partir de los componentes constituyentes bajo la superficie del mar. Además, el ROV puede ensamblarse más fácilmente y sencillamente sobre el agua antes de sumergirlo en ésta.

En cambio, los ROV que se hacen funcionar bajo una capa de roca en un entorno subterráneo pueden estar sometidos a limitaciones de tamaño. Para acceder a un yacimiento aluvial subterráneo que se halle debajo de una capa de roca, se perfora un pozo de sondeo a través de la capa de roca. La realización de pozos de sondeo resulta cara y requiere mucho tiempo. Por lo tanto, el inventor ha determinado que puede ser ventajoso minimizar el diámetro del pozo de sondeo y seguir pudiendo explotar un yacimiento bajo una capa de roca con un ROV si se bajan componentes constituyentes de un ROV a través del pozo de sondeo y a continuación se ensambla el ROV bajo tierra, por ejemplo en una zona excavada debajo de la capa de roca. Juntos, estos componentes se ensamblan para formar un ROV operativo que puede utilizarse para explotar y extraer yacimientos aluviales subterráneos. Dado que el ROV se baja en varias partes que están dimensionadas para caber a través del pozo de sondeo, el tamaño del ROV una vez ensamblado éste bajo tierra es mayor que el pozo de sondeo en al menos una dimensión.

Así pues, preferiblemente, una vez ensamblados entre sí el primer y el segundo componente, el ROV tiene un tamaño que es mayor que el primer componente o mayor que el segundo componente. Por ejemplo, una dimensión exterior del ROV, tal como una anchura o una longitud, es mayor que una dimensión exterior correspondiente del primer o del segundo componente. Más preferiblemente, el volumen limitado por la periferia del ROV es mayor que un volumen limitado por el primer componente o limitado por el segundo componente.

En una realización, el ROV puede hacerse funcionar para extraer un yacimiento aluvial sólo una vez unidos entre sí el primer y el segundo componente.

Preferiblemente, los al menos dos componentes se ensamblan mediante pernos o uniones de resorte.

Preferiblemente, el primer componente incluye el mecanismo de accionamiento, y el segundo componente incluye el equipo de dragado y/o de minería.

En una disposición alternativa, son al menos tres los componentes que se bajan al interior de la zona excavada y se ensamblan para obtener el ROV: el primer componente, el segundo componente y un tercer componente. En esta disposición alternativa se prefiere que el primer componente y el tercer componente sean un mecanismo de accionamiento izquierdo y un mecanismo de accionamiento derecho del ROV y que el segundo componente incluya el equipo de dragado y/o de minería. Aún más preferiblemente, el primer componente y el tercer componente se ensamblan al segundo componente. En otro aspecto de la invención se proporciona un vehículo operado a distancia para el uso en la explotación subterránea de un yacimiento aluvial debajo de una capa de roca, incluyendo el vehículo operado a distancia dimensionado para que quepa por un pozo de sondeo: un umbilical, una pluralidad de mecanismos de accionamiento de aplicación al terreno que preferiblemente incluyen al menos dos pares de mecanismos de accionamiento de aplicación al terreno, pudiendo los mecanismo de accionamiento de aplicación al terreno hacerse funcionar en un primer modo (por ejemplo en la misma dirección) para impulsar el vehículo y hacerse funcionar en un segundo modo (por ejemplo en direcciones opuestas) para desplazar el yacimiento aluvial de una capa de roca subyacente, y medios de succión para extraer el yacimiento aluvial desplazado y suministrar el yacimiento aluvial desplazado a un depósito situado en el exterior a través del umbilical.

Los dos pares de mecanismos de aplicación al terreno pueden ser por ejemplo un par delantero de mecanismos de aplicación al terreno y un par trasero de mecanismos de aplicación al terreno. Los pares delantero y trasero de mecanismos de aplicación al terreno pueden hacerse funcionar en la misma dirección para impulsar el vehículo en una dirección deseada (tal como adelante o atrás). Sin embargo, los pares delantero y trasero de mecanismos de aplicación al terreno también pueden hacerse funcionar en direcciones opuestas. Por ejemplo, el par delantero de mecanismos de aplicación al terreno se hace funcionar hacia delante o hacia atrás y el par trasero de mecanismos de aplicación al terreno se hace funcionar en la otra dirección. El efecto de esta operación es que los mecanismos de aplicación al terreno proporcionan un efecto de trituración en la superficie a la que están aplicados los mecanismos de aplicación al terreno. Esto libera o desplaza un yacimiento aluvial de una capa de roca subyacente, con el resultado de que el yacimiento aluvial se extrae más fácilmente, por ejemplo a través de un procedimiento de dragado o succión.

Se entenderá que, en este ejemplo, el par delantero de mecanismos de aplicación al terreno y el par trasero de mecanismos de aplicación al terreno pueden hacerse funcionar en direcciones opuestas a velocidades diferentes. Esto permite hacer funcionar el ROV de manera que éste pueda moverse hacia delante o hacia atrás mientras proporciona también un efecto de trituración en la superficie a la que están aplicados los mecanismos de aplicación al terreno. A modo de ejemplo, el par delantero de mecanismos de aplicación al terreno puede hacerse funcionar hacia delante a una velocidad mayor o con una potencia mayor que el par trasero de mecanismos de aplicación al terreno, que se hace funcionar hacia atrás. El efecto de esto es que el ROV se mueve hacia delante aunque el par

trasero de mecanismos de aplicación al terreno se haga funcionar hacia atrás. De este modo, el par trasero de mecanismos de aplicación al terreno proporciona un efecto de trituración en la superficie situada bajo el ROV para liberar o desplazar yacimiento aluvial de la capa de roca subyacente.

5 Se entenderá que la referencia al par delantero de mecanismos de aplicación al terreno y al par trasero de mecanismos de aplicación al terreno es sólo ilustrativa. En lugar de ello, el ROV puede incluir dos pares laterales de mecanismos de aplicación al terreno, tal como un par lateral derecho de mecanismos de aplicación al terreno y un par izquierdo de mecanismos de aplicación al terreno. El par lateral derecho y el par lateral izquierdo pueden hacerse funcionar respectivamente hacia la derecha o hacia la izquierda para conseguir el efecto descrito anteriormente.

10 Respecto a los dos aspectos anteriores orientados al ROV, se prefiere que el mecanismo de accionamiento esté seleccionado del grupo que consiste en orugas, ruedas o propulsión por hélice para un movimiento sobre una superficie.

15 En otro aspecto se proporciona un vehículo operado a distancia para el uso en una explotación subterránea de un yacimiento aluvial debajo de una capa de roca, incluyendo el vehículo operado a distancia: una pluralidad de componentes dimensionados para caber por un pozo de sondeo, teniendo cada componente un umbilical y estando los componentes configurados para ser unidos entre sí en una zona excavada debajo de la capa de roca para formar el vehículo operado a distancia.

20 Se prefiere que al menos uno de la pluralidad de componentes contenga el equipo de minería y al menos uno de la pluralidad de componentes incluya el mecanismo de accionamiento. Más preferiblemente, el ROV incluye múltiples componentes de mecanismo de accionamiento que pueden ser iguales o diferentes, por ejemplo cada mecanismo de accionamiento está seleccionado independientemente del grupo que consiste en orugas, ruedas o propulsión por hélice para un movimiento sobre una superficie. De este modo, un ROV puede incluir 2, 3, 4 o más unidades de accionamiento que pueden ser iguales o diferentes. Una o más de las unidades de accionamiento pueden ocuparse de mover el vehículo, mientras que una o más se ocupan de una operación para desplazar material aluvial, por ejemplo cepillando, barriendo o excavando material aluvial. Respecto a los tres aspectos anteriormente mencionados orientados al ROV, se prefiere que el ROV sea anfibia y pueda llevar a cabo la operación de dragado/minería en un entorno subacuático. Más preferiblemente, el ROV incluye medios de propulsión acuática seleccionados del grupo que consiste en una hélice, aletas o un chorro de agua.

30 Respecto a los tres aspectos anteriormente mencionados orientados al ROV, se prefiere que el ROV incluya una tubería de estériles para depositar un material aluvial empobrecido en cuanto al mineral o un yacimiento aluvial con una baja concentración de mineral en un lugar de relleno subterráneo debajo de la capa de roca.

Respecto a los tres aspectos anteriormente mencionados orientados al ROV, se prefiere que el ROV incluya un cañón de agua y/o un cortador mecánico para deshacer el yacimiento aluvial mineral y/o modificar la consistencia del yacimiento aluvial mineral para crear un fango.

35 Respecto a los tres aspectos anteriormente mencionados orientados al ROV, se prefiere que el ROV incluya un modo a prueba de fallos, en el que se despliegue un mecanismo de seguridad cuando ya no sea posible una comunicación entre un operador y el ROV. Más preferiblemente, el mecanismo de seguridad es un sistema de tipo bolsa de aire (o bolsa de flotabilidad), que cuando ha sido desplegado levanta el ROV del suelo de la zona excavada.

40 Respecto a los tres aspectos anteriormente mencionados orientados al ROV, se prefiere que el ROV incluya medios de prospección. Preferiblemente, los medios de prospección están seleccionados del grupo que consiste en un sonar, ultrasonidos, una cámara óptica o combinaciones de los mismos.

45 En otro aspecto se proporciona un método para sustentar una capa de roca suprayacente a una zona excavada. El método incluye formar una o más estructuras de sustentación entre una base de la zona excavada y un techo de la capa de roca para sustentar la capa de roca encima de la zona excavada.

Preferiblemente, formar las una o más estructuras de sustentación incluye inyectar un material fraguable para formar al menos una estructura de sustentación *in situ*. El método puede incluir también reinyectar en la cavidad material excavado de la cavidad. En una realización preferida, el método incluye reinyectar en la cavidad material excavado de la cavidad y formar estructuras de sustentación en dicho material reinyectado.

50 En algunos casos, el método puede implicar utilizar dicho material fraguable como un aglutinante mezclado con otro material para formar una o más estructuras de sustentación de material compuesto. El material fraguable y otro material pueden mezclarse antes de inyectarlos en la cavidad. Como alternativa, el material fraguable puede inyectarse directamente en el otro material *in situ* donde haya de formarse una estructura de sustentación.

55 La reinyección bien de material fraguable, bien de material excavado de la cavidad o bien de ambos puede llevarse a cabo desde la superficie hasta un lugar en el que haya de formarse una estructura de sustentación. Como alternativa, la reinyección bien de material fraguable, bien de material excavado de la cavidad o bien de ambos

puede llevarse a cabo utilizando un vehículo operado a distancia situado dentro de la cavidad. Ambas técnicas podrían utilizarse juntas en dicho lugar.

5 El método puede incluir prever un molde, una matriz o un recipiente para contener el material fraguable antes de su endurecimiento, dejándose colocado dicho molde, matriz o recipiente después del endurecimiento. Por ejemplo, el molde, la matriz o el recipiente es una bolsa o similar llena de material fraguable.

La estructura de sustentación puede ser de cualquier tipo, tal como un pilar de sustentación, un bloque de sustentación o una estructura con una forma amorfa.

10 También se proporciona un método para sustentar una capa de roca suprayacente a una excavada, incluyendo el método: formar uno o más pilares de sustentación entre una base de la zona excavada y un techo de la capa de roca utilizando un vehículo operado a distancia, sustentando el pilar o los pilares la capa de roca encima de la zona excavada. Preferiblemente, el ROV es un ROV como se ha descrito anteriormente.

15 Al menos un material componente del que estén formados los pilares puede proporcionarse desde la superficie a través de un umbilical del ROV. Por ejemplo, puede suministrarse al ROV desde la superficie un material fraguable, tal como cemento, aplicando el ROV el material en un lugar apropiado. En ciertas realizaciones se utiliza aluvión excavado como árido combinado con el material fraguable para formar uno o varios pilares de material compuesto. En una forma preferida, en la que el material fraguable es cemento, puede combinarse con el cemento una parte del aluvión excavado para formar pilares de hormigón. Éste puede ser el caso cuando el aluvión excavado tenga concentraciones demasiado bajas del material de interés, y en lugar de transportar este aluvión a la superficie puede utilizarse éste para formar los pilares de sustentación. Como alternativa, o adicionalmente, el aluvión empobrecido (del que se ha extraído al menos parcialmente el material de interés) puede reciclarse como un constituyente del material compuesto y devolverse a través del umbilical al ROV para su uso en el pilar de sustentación. En ciertas realizaciones, los pilares pueden comprender una envoltura de contención, por ejemplo una bolsa, un tubo o similar, que sirva de encofrado para retener el material fraguable. En una forma, esto podría adoptar la forma de bolsas de plástico llenas de hormigón.

25 Además se proporciona un conducto para el uso en la explotación subterránea de un material aluvial debajo de una capa de roca, incluyendo el conducto: una parte de separador de detritos, teniendo la parte de separador de detritos un estado cerrado, para transportar el material aluvial y separar detritos grandes, y un estado abierto, para liberar los detritos separados.

30 En una realización, la parte de separador del conducto incluye además unas bisagras dispuestas a lo largo del eje longitudinal del conducto, pudiendo la parte de separador de detritos abrirse dividiéndola a lo largo del eje longitudinal para liberar los detritos separados.

En una realización alternativa, la parte de separador incluye además unas bisagras dispuestas de tal manera que la parte de separador de detritos del conducto se abre radialmente hacia fuera para liberar los detritos separados.

35 En las dos realizaciones anteriormente mencionadas se prefiere que las bisagras incluyan un apéndice que tenga una posición enclavada y una posición desenclavada, estando la parte de separador de detritos enclavada en el estado cerrado cuando el apéndice se halla en la posición enclavada y pudiendo moverse la parte de separador de detritos al estado abierto cuando el apéndice se halla en la posición desenclavada. Más preferiblemente, los apéndices pueden accionarse mediante un flujo de fluido en dirección opuesta a la dirección de transporte del material aluvial.

40 Preferiblemente, la parte de separador de detritos está seleccionada del grupo que consiste en una curva en U, una curva en S, una curva en J o una curva en P. Más preferiblemente, la parte de separador es una curva en U.

Preferiblemente, el conducto incluye una criba en una entrada.

45 Además se proporciona una draga de succión que incluye: una bomba de dragado; un conducto de succión; un separador de detritos en comunicación de fluidos con el conducto de succión, incluyendo el separador de detritos un recorrido de flujo tortuoso; pudiendo el separador de detritos reconfigurarse entre un estado operativo, en el que define un recorrido de flujo en comunicación de fluidos con el conducto de succión por el cual puede aspirarse material dragado y que está dimensionado para capturar objetos de gran tamaño, y un estado inoperativo, en el que el recorrido de flujo está abierto para liberar objetos separados.

50 Preferiblemente, la draga de succión incluye un ROV como se ha definido anteriormente, estando el ROV conectado entre la bomba de dragado y el conducto de succión.

En otro aspecto se proporciona un dispositivo para la vigilancia en línea de un material de explotación procedente de un proceso de explotación, incluyendo el dispositivo: al menos dos electrodos conductores separados por un distanciador no conductor, estando los electrodos conductores dispuestos de manera que estén solapados al menos a una parte del distanciador no conductor, definiendo el solapamiento una separación entre los dos electrodos

conductores a través de la cual puede pasar material aluvial y estando los electrodos conductores configurados para detectar la presencia de un material de interés en el material aluvial según éste pasa a través de los mismos.

Preferiblemente, los electrodos conductores tienen forma de placa.

5 En otro aspecto se proporciona un método para la vigilancia en línea de la concentración de un material de interés en un material de explotación obtenido de un proceso de explotación, incluyendo el método: proporcionar al menos un dispositivo como se ha definido anteriormente dentro de un recorrido de flujo para transportar el material de explotación, pasar al menos parte del material de explotación a través de la separación entre los dos electrodos conductores y determinar la presencia del material de interés en el material de explotación.

10 Según la invención, se proporciona un dispositivo de vigilancia en línea para detectar un material de interés en un material de explotación, incluyendo el dispositivo: una pluralidad de electrodos que incluyen al menos un primer electrodo, que es un electrodo positivo o negativo, y unos segundos y terceros electrodos que tienen una carga opuesta a la del primer electrodo, estando el primer electrodo separado de los segundos y terceros electrodos por uno o varios espacios no conductores a través de los cuales puede pasar material de explotación, estando el dispositivo configurado para detectar la presencia del material de interés en el material de explotación según pasa éste a través del espacio y forma una conexión eléctrica entre el primer electrodo y al menos uno de los segundos o terceros electrodos.

15 El primer electrodo está configurado para formar un circuito eléctrico diferente con cada uno de los segundos y terceros electrodos. Así, cuando un material de interés forma una conexión eléctrica entre el primer electrodo y el segundo electrodo, se establece un primer circuito eléctrico y, cuando un material de interés forma una conexión eléctrica entre el primer electrodo y el tercer electrodo, se establece un segundo circuito eléctrico. De este modo es posible, identificando qué circuito se ha activado, determinar la ubicación espacial de la partícula que se está detectando. Además, si la separación entre el primer electrodo y el segundo electrodo es diferente de la separación entre el primer electrodo y el tercer electrodo (como se describirá más detalladamente), puede obtenerse información sobre el tamaño del material de interés.

20 Además, esta disposición evita un problema que puede surgir si se alojan partículas entre electrodos. Con frecuencia se quedan partículas conductoras alojadas y atrapadas entre un par de electrodos. En algunos casos, la partícula permanecerá alojada hasta que se retire manualmente, por ejemplo durante una operación de limpieza o de mantenimiento. Si los electrodos están dispuestos en un solo circuito, la presencia de la partícula conductora atrapada podría causar un funcionamiento incorrecto del sensor, dado que el sensor continuaría generando una señal identificadora de la presencia de una partícula conductora mientras la partícula atascada permaneciese alojada entre electrodos. Además, dado que los pares de electrodos se han dispuesto en circuitos eléctricos separados, una falsa señal positiva resultante de la partícula atascada puede eliminarse o filtrarse electrónicamente o a través de *software*.

35 En una realización, los electrodos están dispuestos en una pila, estando el primer electrodo situado a una primera distancia del segundo electrodo en la pila y a una segunda distancia del tercer electrodo en la pila, siendo la primera distancia menor que la segunda distancia. Preferiblemente, en la pila de electrodos hay más de tres electrodos en la pluralidad de electrodos. Más preferiblemente, la pila de electrodos incluye más de cuatro electrodos. Aún más preferiblemente, la pila de electrodos incluye más de diez electrodos. En realizaciones preferidas, la pila de electrodos incluye una multiplicidad de electrodos; por ejemplo la pila puede tener entre 10 mm y 500 mm de altura y contener electrodos separados de su vecino inmediato por una distancia entre 5 micrómetros y 2.000 micrómetros. Algunas realizaciones pueden tener los electrodos vecinos separados por una distancia entre 10 micrómetros y 1.000 micrómetros. Lo más preferiblemente, los electrodos vecinos están separados por una distancia entre 50 y 200 micrómetros. En una realización, los electrodos están separados por una distancia de alrededor de 100 micrómetros.

40 Esto es ventajoso, dado que el dispositivo está configurado para detectar un material de interés que tenga un tamaño en al menos una dimensión correspondiente a la primera distancia axial, de tal manera que el material de interés forme una conexión eléctrica entre el primer electrodo y el segundo electrodo, y el dispositivo está configurado para detectar un material de interés que tenga un tamaño mayor en al menos una dimensión correspondiente a la segunda distancia axial, de tal manera que el material de interés forme una conexión eléctrica entre el primer electrodo y el tercer electrodo.

45 Preferiblemente, el primer electrodo forma un primer circuito con el segundo electrodo, y el primer electrodo forma un segundo circuito con el tercer electrodo, estando el primer y el segundo circuito separados eléctricamente uno de otro. De este modo, el dispositivo está configurado para detectar e informar de tamaños aproximados del material de interés en el material de explotación. En un ejemplo, un dispositivo incluye un primer electrodo positivo dispuesto en una relación de apilamiento con un segundo y un tercer electrodo negativo. El primer y el segundo electrodo forman un primer circuito que está separado de un segundo circuito formado entre el primer y el tercer electrodo. La separación entre el primer electrodo y el segundo electrodo es de 100 μm y la separación entre el primer electrodo y el tercer electrodo es de 200 μm . Un material de interés que tenga un tamaño de 150 μm en una dimensión formará un puente en el espacio entre el primer electrodo y el segundo electrodo activando el primer circuito, pero no formará

- un puente en el espacio entre el primer y el tercer electrodo. Sin embargo, un material de interés que tenga un tamaño de al menos 200 μm en una dimensión formará un puente en el espacio entre el primer electrodo y el tercer electrodo activando el segundo circuito. Por lo tanto, dependiendo de qué circuitos se activen, y sobre la base del espacio entre los electrodos, es posible determinar una distribución de tamaños del material de interés en el material de explotación. Aumentar el número de electrodos y circuitos potenciales en una pila y tener una separación más variada entre electrodos de la pila aumentará la resolución del detector y proporcionará una mejor estimación en cuanto a la distribución de tamaños del material de interés en el material de explotación.
- Preferiblemente, el segundo y el tercer electrodo están eléctricamente separados, pero son electrodos adyacentes. Los segundos y terceros electrodos pueden estar separados eléctricamente por ejemplo por un elemento de separación no conductor, tal como una capa de aislamiento, o pueden estar separados por un espacio o un distanciador no conductor para aislar eléctricamente unos de otros los segundos y terceros electrodos.
- Preferiblemente, los electrodos están en una disposición escalonada, sobresaliendo el tercer electrodo por encima del segundo electrodo para formar el espacio y estando el tamaño y la forma del espacio configurados para minimizar un aprisionamiento del material de interés y/o del material de explotación.
- Preferiblemente se disponen electrodos separados por espacios más pequeños hacia dentro en relación con electrodos separados por espacios más grandes, siendo la dirección hacia fuera la dirección desde la que el material de explotación se presenta a los electrodos. De este modo se impide que las partículas más grandes de material de interés formen puentes en los espacios más pequeños entre electrodos situados más hacia dentro, con el fin de minimizar un conteo doble del material de interés.
- En una realización, uno o varios distanciadores no conductores definen el o los espacios, y la pluralidad de electrodos están dispuestos de manera que están solapados al menos a una parte del o de los distanciadores no conductores, definiendo el solapamiento el o los espacios entre al menos el primer electrodo y los segundos y terceros electrodos.
- En una realización, el dispositivo de vigilancia en línea incluye una pluralidad de electrodos positivos y negativos, estando los electrodos positivos y negativos separados unos de otros por los distanciadores no conductores.
- En una realización, la pluralidad de electrodos son una pluralidad de placas conductoras. En una disposición de esta realización, la pluralidad de placas se hallan en una relación de apilamiento entre sí, siendo el distanciador no conductor una placa no conductora situada entre placas conductoras adyacentes de carga opuesta y estando separadas eléctricamente las placas adyacentes de igual carga. Preferiblemente, los bordes de las placas conductoras están achaflanados. El inventor ha descubierto que las superficies achaflanadas ayudan a impedir que se queden partículas alojadas entre las placas conductoras.
- En una realización, el primer electrodo tiene una primera cara que mira hacia una cara correspondiente del segundo y/o del tercer electrodo. Las caras están separadas por un espacio no conductor y dispuestas de manera que el material de explotación puede fluir entre las mismas. Preferiblemente, la primera cara y la cara correspondiente tienen cada una un área superficial que permite que se forme una conexión eléctrica en presencia del material de interés durante un tiempo suficiente para que pueda generarse y detectarse una señal eléctrica. Preferiblemente, el área superficial es de aproximadamente 0,008 m^2 a aproximadamente 3,2 m^2 . Más preferiblemente, el área superficial es de aproximadamente 0,13 m^2 a aproximadamente 1,54 m^2 . Aún más preferiblemente, el área superficial es de aproximadamente 0,5 m^2 a aproximadamente 1,13 m^2 .
- En una realización, el distanciador no conductor es una parte de un canal de flujo a través del cual se transporta el material de explotación.
- En una realización, la pluralidad de electrodos están montados en una parte de pared exterior del canal de flujo.
- En una realización, la pluralidad de electrodos incluyen cada uno una abertura, y el dispositivo incluye además un eje no conductor, extendiéndose el eje no conductor a través de las aberturas y estando la pluralidad de electrodos montados en el eje no conductor.
- En una realización, la pluralidad de electrodos están hechos cada uno de un material con una dureza de al menos 7 en la escala de Mohs, pero lo más preferiblemente mayor de 9. La dureza de los electrodos puede seleccionarse sobre la base de los minerales presentes en el yacimiento que está siendo analizado. En una realización alternativa, la pluralidad de electrodos están hechos cada uno de un material elástico, por ejemplo un material con una dureza de durómetro Shore de aproximadamente D100 o menos, como se define en ASTM D22400-00. Tales electrodos resisten los daños por deformación permanente.
- En una realización, el espacio no conductor puede estar hecho de un material que tenga una dureza similar a la de los electrodos con los que se utiliza.
- En otro aspecto se proporciona el uso de un dispositivo como se ha definido anteriormente en un procedimiento de vigilancia en línea para detectar un material de interés en un material de explotación.

El dispositivo como se ha definido anteriormente puede preverse en un canal de flujo para transportar un material de explotación.

5 En otro aspecto de la invención se proporciona un método para la vigilancia en línea de un material de explotación con el fin de detectar un material de interés en el material de explotación, incluyendo el método: prever un dispositivo como se ha definido anteriormente en una corriente de flujo de un material de explotación; y utilizar el dispositivo para realizar una vigilancia en cuanto a un material de interés en el material de explotación.

10 En un aspecto de la invención se proporciona un procedimiento de vigilancia en línea para detectar un material de interés en un material de explotación, incluyendo el procedimiento: prever un dispositivo en un canal de flujo para el material de explotación, incluyendo el dispositivo: una pluralidad de electrodos que incluyen al menos tres electrodos: un primer electrodo, que es un electrodo positivo o negativo, y unos segundos y terceros electrodos que tienen una carga opuesta a la del primer electrodo, estando el primer electrodo separado de los segundos y terceros electrodos por un espacio no conductor a través del cual puede pasar material de explotación, estando el dispositivo configurado para detectar la presencia del material de interés en el material de explotación según pasa éste a través del espacio y forma una conexión eléctrica entre el primer electrodo y al menos uno de los segundos o terceros electrodos; transportar el material de explotación a través del canal de flujo de manera que al menos una parte del material de explotación pase a través del espacio; y vigilar la parte del material de explotación en cuanto al material de interés.

20 En una realización, el paso de vigilar incluye además proporcionar una señal de salida con un valor indicativo de la concentración relativa del material de interés en el material de explotación, comparándose el valor de la señal de salida con un valor de referencia y desechándose el material de explotación si la señal de salida está por debajo del valor de referencia y conservándose el material de explotación si la señal de salida está por encima del valor de referencia. Preferiblemente, el valor de la señal de salida se utiliza para determinar un proceso de explotación corriente abajo.

25 En una realización, el dispositivo está previsto tanto en una corriente de entrada a un proceso de explotación como en una corriente de salida del proceso de explotación. Preferiblemente, el dispositivo previsto en la corriente de entrada proporciona una señal de entrada indicativa de la concentración relativa del material de interés en la corriente de entrada, y el dispositivo previsto en la corriente de salida proporciona una señal de salida indicativa de la concentración relativa del material de interés en la corriente de salida, correlacionándose la señal de entrada y la señal de salida para proporcionar una indicación de una eficacia de la extracción del material de interés del material de explotación.

30 En una disposición de esta realización, la corriente de entrada al proceso de explotación se halla en un lugar cercano a un sitio de extracción de material de explotación, y la corriente de salida del proceso de explotación se halla en un sitio de procesamiento en el que el material de interés puede extraerse del material de explotación.

35 Se tiene la intención de que la vigilancia en línea pueda aplicarse a un recorrido de flujo de entrada a un proceso, a un recorrido de flujo de salida de un proceso o a un recorrido de flujo intermedio dentro de un proceso. El término "entrada" está destinado a abarcar una entrada al proceso total o una entrada a un proceso unitario. De manera similar, el término "salida" está destinado a abarcar una salida del proceso total o una salida de un proceso unitario.

Preferiblemente, el recorrido de flujo es un conducto, un tubo flexible o un canal de flujo abierto.

40 De la descripción siguiente, ofrecida a modo de ejemplo y con referencia a los dibujos adjuntos, se desprenden otros aspectos de la presente invención y otras realizaciones de los aspectos descritos en los párrafos anteriores.

Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 proporciona una ilustración del proceso de dragado por ROV en su totalidad.

La Figura 2A proporciona una ilustración de un ROV y sus componentes constituyentes.

La Figura 2B muestra un ROV ensamblado.

45 La Figura 3A proporciona una ilustración de un conducto curvado en U.

La Figura 3B proporciona una ilustración del conducto curvado en U abierto.

La Figura 4A proporciona una ilustración de dos barras con una separación de diferente tamaño entre electrodos conductores para determinar la presencia de un material de interés.

50 La Figura 4B muestra una realización en la que las barras de la Figura 4A están incorporadas en línea a un conducto.

La Figura 4C muestra una realización de una pila de electrodos.

Las Figuras 4D y 4E muestran dos pilas de electrodos de estado sólido que pueden utilizarse en algunas realizaciones de la presente invención.

Las Figuras 5 a 7 ilustran diversas realizaciones de procedimientos de explotación que incluyen vigilancias en línea según diversos aspectos de la invención.

- 5 La Figura 8 muestra un ROV explotando una cara del yacimiento aluvial y rellenando la zona excavada.

Descripción detallada de las realizaciones

10 La invención se refiere a la extracción de minerales de yacimientos aluviales que están situados bajo tierra, debajo de una capa de roca. El material aluvial o los yacimientos aluviales incluyen tierra o sedimentos sueltos, no consolidados, de los cuales pueden mencionarse como ejemplos arcilla, grava, arena y/o cieno. La capa de roca puede ser por ejemplo una capa de basalto que se haya formado a partir de una actividad volcánica en la que haya fluido lava basáltica sobre un área que contuviera un yacimiento mineral aluvial y dicha lava se haya enfriado y solidificado sobre la parte superior del yacimiento mineral aluvial. Los yacimientos de mineral aluvial debajo de esta capa de roca pueden contener varios minerales valiosos, tales como oro. Sin embargo, dado que los yacimientos aluviales están retenidos debajo de una capa de roca, resulta difícil acceder a los mismos y extraerlos. Además, los yacimientos aluviales pueden estar situados bajo el nivel freático, con lo que toda excavación de los yacimientos aluviales puede llevar a que la zona excavada se llene de agua.

15 En líneas generales, el procedimiento total (denominado *Deep Lead Suction Dredging* (dragado por succión de cauces antiguos de río rellenos de aluvión)) comprende: (i) perforar un pozo de sondeo a través de la capa de roca, (ii) excavar una zona debajo de la capa de roca retirando parte del material aluvial con contenido de mineral a través de un proceso de dragado, (iii) bajar un vehículo operado a distancia al interior de la zona excavada, (iv) extraer el material aluvial con contenido de mineral con el vehículo operado a distancia (ROV), (v) procesar el material aluvial extraído para recuperar el mineral. Todo el material aluvial de desecho o parte del mismo (por ejemplo material aluvial empobrecido en cuanto al mineral) puede devolverse bajo tierra por ejemplo a través del ROV, o puede venderse como arena y/o grava. La invención está orientada también a procedimientos de ayuda a la explotación complementarios tales como la detección del material de interés en el yacimiento aluvial y el uso de este mecanismo de detección como una herramienta de control de proceso.

20 La Figura 1 proporciona una ilustración del procedimiento. En esta realización, una capa 101 de basalto recubre un yacimiento aluvial 102 que contiene oro y que está asentado sobre un lecho rocoso 103. Se perfora un pozo 104 de sondeo a través de la capa 101 de basalto y se forma parcialmente una zona excavada 105 dragando material aluvial con contenido de oro de debajo de la capa 101 de basalto. Dado que la zona excavada 105 está situada bajo el nivel freático 106, la zona excavada 105 se llena de agua 107. El proceso de dragado puede realizarse inicialmente mediante un aparato de bombeo de superficie; sin embargo puede preverse una estación 108 de bombeo subsuperficial adicional adyacente al lado inferior del techo 109 de la capa 101 de basalto y provista de una tubería 110 de succión para dragar el material aluvial. A través de un pozo 104 de sondeo se baja un ROV 111 y, si es necesario, se ensambla éste bajo tierra *in situ*. El ROV 111 tiene un umbilical 113 que proporciona energía, hidráulica, agua, succión, control, etc. El ROV 111 tritura el yacimiento aluvial 102 para liberar del mismo el aluvión 102a. A continuación se extraen mediante succión a través del umbilical 113 o la tubería de succión 110 este aluvión 102a liberado y aluvión 112 de derrubio general. Después se pasa este material a través de una tubería 114 a una planta 115 de extracción de oro para su tratamiento. Se extrae oro del aluvión. Después, el aluvión empobrecido en cuanto al oro puede devolverse a la zona excavada 105 por medio de una tubería 116 de retorno. Parte del aluvión empobrecido en cuanto al oro puede conservarse y venderse como material de relleno, por ejemplo arena o grava.

30 Como se ha descrito anteriormente, en la identificación de un lugar de explotación adecuado, uno de los primeros pasos es perforar un pozo de sondeo a través de la capa de roca para poder acceder al material aluvial con contenido de mineral. Por razones prácticas y económicas, el diámetro de este pozo está limitado típicamente a aproximadamente 1,8 m (aproximadamente 6 pies). Sin embargo, si es necesario, este pozo podría agrandarse hasta cualquier tamaño requerido. Puede ser necesario revestir el pozo para evitar un flujo de acuífero transversal o para abordar el problema potencial de que el pozo se desplome (que dependerá de las características estructurales de la capa de roca).

35 Una vez que se ha logrado acceder al aluvión, la siguiente etapa es despejar suficiente aluvión para que haya una zona excavada en la que el ROV pueda moverse libremente. Esto puede realizarse mediante el ROV mismo o mediante bombas de succión similares a las utilizadas en la explotación por pozos de sondeo. Después puede bajarse el ROV por el pozo de sondeo al interior de la zona excavada.

40 Los ROV se utilizan en operaciones de colocación de tuberías o de dragado en mar abierto. Los ROV se suministran como componentes únicos que pueden descargarse de un barco y por lo general se suministran en el tamaño requerido para la operación prevista. En cambio, un aspecto de la presente invención está orientado al uso de un ROV en una aplicación subsuperficial terrestre. En esta aplicación, el tamaño del ROV está limitado por su operación prevista (por ejemplo explotación subterránea).

55

La necesidad de que el ROV baje por un pozo limita el tamaño del ROV. Esto hará necesario considerar el tamaño/la capacidad y el coste de funcionamiento del ROV frente al coste del pozo. Además, dado que el tamaño del ROV está limitado por el tamaño del pozo que atraviesa la capa de roca, el ROV puede diseñarse para bajar por el pozo en secciones y ensamblarse bajo tierra. Idealmente, el ROV consta de dos o más componentes que pueden ensamblarse debajo de la capa de roca.

En una realización, el ROV está dividido en tres componentes separados: unos componentes izquierdo y derecho que incluyen las ruedas, las orugas, la propulsión por hélice u otro mecanismo de accionamiento del ROV, y un componente central, que contiene el equipo de dragado y de minería. La primera y la segunda parte se ensamblan a la tercera parte, lo que puede realizarse mediante pernos, uniones de resorte u otros mecanismos de unión adecuados. Dependiendo del tamaño del ROV requerido para la operación y de los requisitos de explotación específicos del emplazamiento concreto, el ROV puede incluir dos componentes separados o puede incluir más de tres componentes separados.

El ROV se dotará también de un umbilical. El umbilical puede utilizarse para diversos fines, tales como para controlar el ROV, para suministrar energía al ROV (tanto si es eléctrica como si es hidráulica), para proporcionar un modo de comunicación con el ROV, para suministrar agua al ROV o para extraer material dragado del ROV. Es importante señalar que el ROV puede incluir también medios de comunicación inalámbricos. En una disposición preferida, cada componente separado del ROV estará provisto de su propio umbilical. Es decir, en caso de que el ROV se componga de múltiples componentes separados que se ensamblen *in situ* en la zona excavada debajo de la capa de roca, una pluralidad de estos componentes separados están provistos de su propio umbilical.

La Figura 2A proporciona una ilustración de un ROV 201 y sus componentes constituyentes. En esta realización, el ROV 201 está previsto como tres componentes separados: dos partes 202 con orugas/ruedas y una parte central 203 con un umbilical 204. La Figura 2B muestra el ROV 201 ensamblado, donde las partes 202 con orugas/ruedas se han unido con pernos o mediante una unión de resorte a la parte central 203 para obtener un ROV 201 operativo.

Una vez que ha bajado por el pozo de sondeo y se halla en la zona excavada, el ROV puede moverse a través del aluvión y ocuparse en el material aluvial con contenido de mineral. La navegación del ROV puede estar automatizada o el ROV puede ser accionado a distancia por un operador desde la superficie. Como alternativa, el ROV puede ser apto para un accionamiento tanto automatizado como a distancia. El funcionamiento automatizado se preferirá cuando el ROV esté realizando una operación que requiera tiempo y que no incluya mucho movimiento, tal como mover material de recubrimiento o agitar material de derrubio. En el caso del manejo a distancia por un operador, se tiene la intención de que un solo operador pueda controlar el ROV. Dado que el ROV estará automatizado parte del tiempo, un operador a distancia puede ser capaz de vigilar y controlar hasta diez ROV. El ROV incluirá un medio para identificar el entorno; éste puede incluir mecanismos acústicos y/u ópticos tales como un sonar, ultrasonidos o el uso de un equipo visual tal como luces y cámaras.

El ROV está equipado con un mecanismo de accionamiento que incluye medios de impulsión, pudiendo incluir los medios de impulsión orugas, ruedas o una propulsión por hélice para un movimiento sobre una superficie. El ROV puede estar equipado con un solo par de medios de impulsión (por ejemplo una sola oruga, rueda o unidad de hélice en al menos dos lados del ROV); o como alternativa el ROV puede estar equipado con múltiples pares de orugas, ruedas o hélices (por ejemplo orugas, ruedas, hélices delanteras, centrales, traseras en al menos dos lados del ROV). En una realización, el ROV está equipado con dos pares de medios de impulsión, por ejemplo tiene cuatro orugas, ruedas o unidades de hélice.

Para excavar material aluvial, el ROV funciona como una draga de succión. El ROV puede aplicar succión para aspirar el material y después hacerlo ascender a través del umbilical hasta un punto de recogida en la superficie. Como se ha descrito anteriormente, puede suministrarse agua al ROV a través del umbilical. Si es necesario, esta agua puede utilizarse para deshacer el yacimiento aluvial y/o modificar su consistencia para crear un fango, que después puede aspirarse al ROV y extraerse a través del umbilical, pudiendo el umbilical incluir por ejemplo tanto un tubo para suministrar agua como un tubo de succión separado. En otra disposición, el ROV puede contener varios umbilicales separados dedicados a diferentes tareas: un umbilical en un primer componente puede proporcionar control/líneas eléctricas/hidráulica, un umbilical en el segundo componente puede suministrar agua a presión y un umbilical en el tercer componente puede proporcionar succión para retirar y llevar a la superficie material aluvial convertido en fango.

Existen diversos métodos a través de los cuales un ROV puede ocuparse en el material aluvial. Se tiene la intención de que el ROV esté equipado con aparatos de dragado, para permitir al ROV convertir en fango y retirar material aluvial mediante succión y suministrar el material, a través de al menos uno de los umbilicales, a un lugar de procesamiento en el exterior, en la superficie. El ROV puede estar equipado adicionalmente con un aparato que pueda rascar o cepillar el lecho rocoso para liberar o desplazar de otra manera los yacimientos aluviales para el dragado. En ciertas realizaciones, el ROV incluye medios de impulsión que pueden hacerse funcionar en direcciones opuestas entre sí (por ejemplo un par de medios de impulsión funciona en dirección opuesta con respecto a otro par de medios de impulsión). El efecto de hacer funcionar los medios de impulsión en direcciones opuestas entre sí de esta manera rasca o cepilla el material de derrubio aluvial suprayacente al lecho rocoso, desprendiéndolo de manera que puede dragarse. Por ejemplo, el ROV puede incluir un mecanismo de accionamiento delantero que se mueva

hacia delante y un mecanismo de accionamiento trasero que se mueva hacia atrás, realizando así la operación de desplazar material aluvial del lecho rocoso empujando material hacia una parte central del ROV para el dragado. El ROV puede necesitar también empujar o apartar de su camino rocas grandes presentes en el aluvión. Para ello, el ROV puede estar equipado con una pala y/o con paletas.

- 5 El alcance del ROV bajo la capa de roca está limitado al menos en parte por el umbilical. Se prefiere que el alcance del ROV sea de al menos 100 m en dirección lateral desde el pozo de sondeo. Más preferiblemente, el alcance del ROV es de hasta 300 m en dirección lateral desde el pozo de sondeo. Aún más preferiblemente, el alcance del ROV es de hasta 500 m en dirección lateral desde el pozo de sondeo. Otro factor que limita potencialmente el alcance del ROV es el potencial de desplome del techo (la capa de roca puede utilizarse como el techo). Según el ROV extrae material de debajo de la capa de roca, se forma una cavidad. Existe la posibilidad de que el techo (por ejemplo la capa de roca) se desplome sobre el ROV dependiendo de sus características estructurales —es probable que estas características estructurales sean específicas del emplazamiento—.

- 10 Un método para proporcionar sustentación adicional al techo es reinyectar en la cavidad el aluvión empobrecido en cuanto al mineral. Esto puede incluir formar un material similar al cemento a partir de un aglutinante y el aluvión empobrecido en cuanto al mineral y después reinjectarlo en la cavidad, donde se solidifica y proporciona sustentación estructural.

- 15 En otra realización puede inyectarse directamente desde la superficie un aglutinante en el material aluvial, donde aglutina el material aluvial para formar una estructura similar al hormigón que proporciona sustentación entre el lecho rocoso y el techo de roca. Como aglutinante puede utilizarse cemento, o sea que el cemento puede incluir cal y/u otros aditivos mezclados con el aluvión.

- 20 El ROV puede incluir también un tubo flexible de inyección/pulverización de aglutinante. En esta realización, el aglutinante puede suministrarse al ROV a través del umbilical. Esto permite al ROV pulverizar o inyectar aglutinante (por ejemplo cemento u otros agentes aglutinantes adecuados) en el material aluvial para estabilizar una zona concreta. Por ejemplo, el ROV puede utilizarse para excavar una cavidad y aplicar el agente aglutinante a las paredes/el techo de esa cavidad para lograr una sustentación estructural. Adicionalmente, el ROV puede utilizarse para proporcionar una cubierta de aglutinante/cemento que después se endurece/se fragua sobre una zona.

- 25 Como se ha descrito, el transporte de material aluvial a la superficie se realiza a través de una operación de dragado efectuada por el ROV. El ROV está equipado con un dispositivo de succión que aspira el material aluvial, de manera que éste puede transportarse a la superficie para procesos de tratamiento posteriores a la extracción. La fuente de succión puede hallarse en el exterior, en la superficie; por ejemplo se proporciona succión desde un lugar situado en el exterior a través del umbilical a los conductos de succión o dragado del ROV. Un problema que puede surgir es una obstrucción de los conductos de succión (dragado). Para atenuar este problema estará presente un mecanismo de cribado en la tobera de succión (que puede ser literalmente una criba de malla), con el fin de limitar el tamaño de las partículas que pueden ser aspiradas al conducto. Sin embargo, las cribas no son completamente eficaces a la hora de impedir la entrada de partículas grandes que puedan obstruir el conducto, en particular cuando estas partículas grandes tienen una gran relación entre dimensiones. Se tiene la intención de que el conducto tenga una sección curvada en U para capturar estas partículas grandes. La curva en U puede abrirse dividiéndola o, como alternativa, abrirse radialmente para liberar cualesquiera partículas grandes que hayan sido retenidas en la curva en U. La apertura por división o la apertura radial puede realizarse mediante accionadores o utilizando un flujo inverso de agua para abrir físicamente la curva en U; por ejemplo, el flujo inverso puede producir un accionamiento para desbloquear unos fiadores en el conducto y abrir la curva en U. El mecanismo de apertura y cierre puede accionarse por medios mecánicos o mediante succión. El mecanismo de apertura y cierre puede estar accionado por resorte.

- 30 La Figura 3A proporciona una ilustración de un conducto 301 curvado en U con material retenido 302 atrapado en su interior. El conducto 301 curvado en U incluye unas bisagras 303 en la posición cerrada. La Figura 3B proporciona una ilustración del conducto 301 curvado en U abierto, con las bisagras 303 en la posición abierta. La bisagras 303 incluyen un apéndice 304 que tiene una posición enclavada y una posición desenclavada. Cuando el apéndice 304 se halla en la posición enclavada, las bisagras 303 no pueden moverse y el conducto 301 curvado en U se mantiene en la posición cerrada. Cuando el apéndice 304 se halla en la posición desenclavada, las bisagras 303 pueden moverse y el conducto 301 curvado en U puede abrirse para descargar cualquier material retenido 302.

- 35 El conducto curvado en U puede incluir adicionalmente componentes para ayudar a desalojar el material retenido. El conducto curvado en U puede incluir un pistón que expulse físicamente el material retenido del conducto una vez abierta la sección curvada en U del conducto. Como alternativa, o en combinación, puede hacerse pasar un chorro de aire o de agua a través del conducto para expulsar el material retenido una vez abierta la sección curvada en U del conducto.

- 40 En otra disposición más, el conducto puede estar revestido con un material de tipo caucho o plástico para proporcionar una resistencia al desgaste. El material retenido puede reunirse dentro del revestimiento de caucho/plástico. Al abrir la curva en U, el revestimiento de caucho/plástico puede inflarse mediante agua o gas en la superficie de contacto entre la capa interior del conducto y la capa exterior del revestimiento de caucho/plástico. De este modo, el revestimiento puede utilizarse como una bolsa de expulsión para desalojar el material retenido.

Otro factor que ha de tenerse en cuenta a la hora de realizar las operaciones de explotación y dragado es que es probable que la cavidad formada debajo de la capa de roca se halle bajo el nivel freático. Así pues, es probable que la cavidad se llene de agua. Por lo tanto, el ROV ha de ser un ROV sumergible que pueda funcionar en un entorno subacuático. El ROV puede incluir medios de propulsión acuática tales como una hélice, aletas o un chorro de agua. Los chorros de agua pueden alimentarse externamente bombeando agua al ROV a través de al menos un umbilical. En caso de que el ROV se sumerja, puede ser necesario también dotar el ROV de un mecanismo para superar las fuerzas ascensionales. Por consiguiente, en una realización, puede proporcionarse al ROV peso adicional a través de al menos uno de los umbilicales. El peso adicional puede proporcionarse transfiriendo un fluido pesado o fango o transportando lastres o rocas pesadas al ROV. Después, el ROV puede hacerse más ligero retirando el peso adicional.

También puede ser ventajoso dotar el ROV de un mecanismo para separarse rápidamente del suelo de la zona excavada. El ROV puede incluir un sistema de tipo bolsa de aire (bolsa de flotabilidad), que cuando ha sido desplegado levanta el ROV del suelo de la zona excavada. Mediante el uso de estas bolsas de flotabilidad para levantar el ROV y evadir un desprendimiento de rocas pueden reducirse los costes de inversión/funcionamiento del ROV, considerando el peligro de pérdida debido a un desprendimiento o deslizamiento de rocas en el material de recubrimiento. Si una pérdida de señal transportada por el umbilical activase las bolsas de flotabilidad y una baliza, debería reducirse considerablemente la tasa de pérdida permanente de vehículos ROV.

El despliegue puede ser resultado de una orden recibida de un operador o quizás una respuesta automática. Está previsto que, si hay una pérdida de señal entre el ROV y un operador o un centro de operaciones situado en el exterior, en la superficie, el ROV desplegará las bolsas de aire que harán que el ROV se mueva hacia arriba, idealmente restableciendo la comunicación con el operador o el centro de operaciones. El sistema de bolsa de aire puede ser particularmente ventajoso cuando el ROV se quede atrapado debajo de escombros, por ejemplo como resultado de un desprendimiento de tierras subterráneo o de un desplome del techo. En el caso de un desplome del techo, el disparo de las bolsas de aire puede proporcionar una fuerza ascendente que puede ayudar a desalojar los escombros, permitiendo que el ROV se libere. En algunos casos, la acumulación de escombros encima del ROV puede impedir las comunicaciones entre el ROV y un centro de operaciones. El despliegue automático del sistema de bolsa de aire en este caso es particularmente ventajoso, dado que permite potencialmente al ROV liberarse de los escombros y restablecer las comunicaciones.

Como se ha mencionado anteriormente, la invención está orientada también a procedimientos de ayuda a la explotación/al dragado complementarios, tales como la detección del material de interés en el yacimiento aluvial y el uso de este mecanismo de detección como herramienta de control de proceso. Frecuentemente se utilizan detectores de diversos tipos para determinar la presencia de minerales valiosos durante la prospección. Dos de tales patentes (CA1215743 y CA1188734, cuyos contenidos se incorporan así por referencia) describen el uso de una sonda de electrodos para la detección de un metal o mineral en una formación geológica. Esencialmente, ésta funciona detectando el "cortocircuito" producido por granos conductores a través de un pequeño espacio entre dos electrodos separados uno de otro.

Estos tipos de detectores son adecuados para detectar un material conductor. La razón de ello es que los sensores dependen de un puente de material conductor entre dos electrodos de la sonda para cortocircuitar los electrodos y generar una señal de detección. Idealmente, estos tipos de detectores son adecuados para detectar metal en estado nativo sin una capa oxidada no conductora en la superficie.

Estos detectores tienen varios defectos que los hacen inadecuados para el uso en un proceso de explotación. Los detectores descritos en estos documentos son sondas puntuales que se insertan manualmente en la tierra para detectar la presencia de un material eléctricamente conductor en un lugar específico.

Los detectores dependen de un contacto físico entre la sonda de electrodos y el material eléctricamente conductor. Esto significa que los detectores sólo pueden detectar material eléctricamente conductor en un lugar de toma de muestras si ese material está en una posición inmediatamente adyacente a los electrodos. Esto significa que la cantidad de material utilizado como muestra en cada lugar es muy pequeña y está determinada, en parte, por el área superficial de la sonda de electrodos. Si la sonda de electrodos es pequeña, la cantidad de material utilizado como muestra en cada lugar es muy pequeña, lo que disminuye la probabilidad de detectar un material eléctricamente conductor.

Además, cuando se inserta la parte de electrodo del detector en la tierra, el material eléctricamente conductor ha de alinearse en el pequeño espacio entre los dos electrodos separados para cortocircuitar los electrodos y generar así una señal de detección. Esto significa que la detección depende en gran parte de la concentración del material conductor en cada lugar de toma de muestras. Si hay sólo una pequeña cantidad del material conductor en la tierra, existe poca probabilidad de que vaya a entrar en contacto con la sonda de electrodos o, aunque entre en contacto con la sonda, de que necesariamente vaya a alinearse correctamente con los electrodos para generar una señal.

Otro problema con estos detectores es que son adecuados sólo para detectar yacimientos superficiales de un material conductor. Si el material conductor se halla a una profundidad razonable bajo la superficie, no pueden utilizarse estos detectores.

Adicionalmente, la única información que los detectores proporcionan es si la sonda de electrodos ha entrado en contacto con un material eléctricamente conductor o no. Los detectores no proporcionan datos en cuanto a la cantidad o la cantidad probable de material eléctricamente conductor en la tierra.

5 Dado lo anterior, con el fin de generar algún dato valioso la toma de muestras debe realizarse en, potencialmente, miles de lugares. Esto requiere no sólo mucha mano de obra, sino también mucho tiempo. Por lo tanto, estos detectores no son adecuados para el uso en una operación de explotación.

A pesar de lo anterior, los inventores han descubierto ventajosamente que el procedimiento utilizado por estas sondas para identificar minerales de interés puede utilizarse también como una herramienta de control de proceso para proporcionar análisis en tiempo real en un proceso de explotación.

10 La patente de EE.UU. 3316545 describe un sistema similar que utiliza electrodos coplanares de gran tamaño con un espacio aislante serpenteante entre los mismos. Aunque tal sistema puede ser adecuado para analizar material en un proceso por lotes, es inadecuado para el uso con procesos continuos. En primer lugar, los electrodos planos serían sumamente propensos al desgaste. En segundo lugar, la configuración de electrodos puede generar niveles de inductancia en el circuito de detección suficientes para que, cuando una partícula de material forma un puente en
15 el espacio aislante entre electrodos, el nivel de corriente que fluye se vea considerablemente suprimido, haciendo que la detección de la partícula sea difícil o imposible.

Como se ha descrito anteriormente, estos tipos de detectores son adecuados para detectar un material conductor, tal como oro, metales del grupo del platino (tales como rutenio, rodio, paladio, osmio, iridio y platino). Adicionalmente, los sensores de la presente invención son adecuados para detectar cobre y plata de roca dura, y otros metales que se hallen en forma conductora, por ejemplo después de un proceso de trituración (que puede romper la capa oxidada o tener como resultado partículas metálicas trituradas sin una capa oxidada). Estos materiales no serían detectados por un sensor puntual insertado en la tierra, tal como los descritos en los documentos CA1215743 y CA1188734. La razón de ello es que se requiere una etapa de tratamiento inicial, tal como un proceso de trituración, para exponer las partículas conductoras rompiendo la capa oxidada y/o liberando de
20 otro modo el metal conductor.

El inventor ha descubierto que incorporando a un canal de flujo un detector que incluye una serie de electrodos conductores separados es posible determinar la cantidad de un material de interés en una corriente de explotación. La razón de ello es que los detectores están constantemente en contacto con un flujo de material de explotación y, por lo tanto, están continuamente tomando muestras del material de explotación según fluye éste junto al detector.
30 Esto significa que el detector proporciona esencialmente una toma de muestras continua del material de explotación. Existe una correlación estadística entre el número de acontecimientos de detección y la concentración del material de interés en la corriente de explotación. Así pues, aunque el material de interés esté presente sólo en concentraciones muy bajas, existe una probabilidad estadística de que se produzca un acontecimiento de detección, aunque se supone que el tiempo entre acontecimientos de detección será largo. A la inversa, cuando el material de
35 interés esté presente en concentraciones altas, se producirán numerosos y frecuentes acontecimientos de detección.

El detector puede calibrarse utilizando una corriente de explotación (u otra corriente) que contenga una concentración conocida de un material de interés. Para esta concentración conocida puede registrarse una frecuencia de acontecimientos de detección. Para obtener puntos de datos adicionales con el fin de generar una curva de calibración pueden utilizarse concentraciones conocidas adicionales del material de interés. Cuando el detector se utiliza "sobre el terreno", la frecuencia de acontecimientos de detección puede compararse con la curva de calibración para obtener una indicación de la concentración del material de interés en la muestra.
40

Idealmente, la calibración incluirá también como factor a tener en cuenta la forma esperada y la dimensión más larga del material de interés en la corriente de explotación que puede formar un puente entre los electrodos de la sonda. El procesamiento de mineral depende en parte de estas propiedades, así como de varios otros factores. Es probable que estos parámetros hayan de establecerse a través de pruebas de laboratorio. Se supone que estos parámetros variarán dependiendo de la fuente del material de interés y de si se ha realizado algún procesamiento previo. Por ejemplo, se supone que la forma y las dimensiones de las partículas de oro serán diferentes entre yacimientos aluviales y yacimientos de roca dura machacada. Pueden utilizarse pruebas de laboratorio para calibrar o aumentar aún más la precisión de un procedimiento de vigilancia en línea, por ejemplo proporcionando información sobre resultados al sistema de vigilancia en línea.
45
50

Para mejorar la precisión del sistema pueden utilizarse múltiples detectores en el canal de flujo. El uso de múltiples sensores aumenta la sensibilidad del sistema, dado que aumenta la probabilidad de un acontecimiento de detección. El uso de múltiples detectores puede ser particularmente beneficioso en corrientes de explotación que incluyan sólo una baja concentración del material de interés.
55

Como se apreciará, utilizando un sistema de sensores del tipo presente, que requiere un contacto físico con una partícula o grano conductor para detectar su presencia, incluso con una gran área superficial de sensor y múltiples sensores, se analizará sólo una pequeña fracción de la corriente de explotación. Por lo tanto, típicamente será

necesario emplear métodos estadísticos para determinar la concentración del material de interés en la corriente de explotación. Un método estadístico adecuado puede ser el uso de la distribución de Poisson.

5 El inventor ha descubierto también que incorporando barras de electrodos conductores a un canal de entrada y salida es posible determinar y medir la cantidad del material de interés en una corriente de explotación en relación con la cantidad del material de interés en la corriente de explotación empobrecida en cuanto al mineral (por ejemplo después de extraer el mineral).

10 Idealmente se colocan en una corriente de entrada varias barras de placas de electrodo conductoras con separaciones diferentes para vigilar la concentración del material de interés en la corriente antes de extraer mineral. Estas barras pueden montarse en una entrada que esté conectada a un ROV o pueden montarse en el exterior en un conducto, un canal u otro recorrido de flujo que alimente un mineral extraído bruto, que puede hallarse en forma de un fango, a la planta de procesamiento para el tratamiento de mineral.

15 La separación entre las placas de electrodo conductoras es importante, dado que las separaciones de diferente tamaño detectarán partículas de diferente tamaño. Para que se produzca la detección de una partícula, ésta ha de entrar en contacto con dos placas de electrodo y formar un puente en el espacio entre las mismas. El resultado de este puente es que se establece un cortocircuito entre dos placas de electrodo, lo que tiene como resultado el registro de una señal de detección. Como tal, una mayor separación entre electrodos permite la detección de partículas de mayor tamaño, pero limitará la detección de partículas de menor tamaño, dado que las partículas suficientemente pequeñas no serán capaces de formar un puente en el espacio entre electrodos.

20 Los electrodos conductores pueden estar hechos de un material conductor que sea duro para resistir el desgaste. Preferiblemente, la dureza del material es mayor que la dureza del material de explotación. Preferiblemente, el material conductor tiene una dureza de al menos 7 en la escala de Mohs, pero preferiblemente es incluso más duro, digamos 9 o más. Los materiales conductores adecuados incluyen carburos metálicos en una matriz metálica, tal como carburo de wolframio en una matriz de cobalto, o carburo de silicio. En dichos electrodos puede utilizarse una amplia gama de materiales duros si éstos son conductores (o si pueden hacerse conductores mediante adulteración), incluyendo: diamante, carburo de titanio, nitruro de titanio, nitruro de boro, boruro de wolframio, carburo de molibdeno. Tales materiales pueden depositarse sobre un electrodo como un revestimiento superficial para proporcionar una mejor resistencia al desgaste. Cuando el material conductor es carburo de silicio, se prefiere que el carburo de silicio esté adulterado con un material para proporcionar un excedente de electrones o agujeros, con el fin de mejorar la conductividad del carburo de silicio. Como alternativa, los electrodos conductores pueden estar hechos de un material conductor que sea elástico, tal como un plástico conductor o un plástico cargado con un material conductor tal como un metal, por ejemplo plata. A diferencia de los materiales duros descritos anteriormente, se sabe que tales materiales elásticos también resisten el desgaste porque son capaces de absorber el impacto del material de explotación abrasivo alimentado y experimentar una deformación elástica y después liberar esa energía y volver a su configuración original. Los electrodos de este tipo podrían, por ejemplo, estar hechos de un material con una dureza de durómetro Shore de aproximadamente D100 o menos, como se define en ASTM D22400-00.

40 El tamaño, tal como una longitud, de las placas conductoras también es importante. Las placas conductoras de mayor tamaño (placas con una mayor longitud, tal como un radio aumentado en caso de placas cilíndricas) darán lugar a un mayor número y una mayor frecuencia de acontecimientos de detección debido a una mayor área superficial expuesta de la placa. La limitación en el tamaño de cada electrodo es la probabilidad de que se produzcan solapamientos temporales en las interacciones con partículas entre un mismo conjunto de placas. En algunas realizaciones de la presente invención, el sistema no puede distinguir entre una sola partícula que forme un puente entre un par de electrodos y múltiples partículas que formen un puente entre un par de electrodos. La probabilidad de que una partícula interactúe con un par de electrodos está relacionada con factores tales como:

45 el tamaño del electrodo (teniendo los electrodos de mayor tamaño una mayor probabilidad de detectar una partícula);

la concentración del mineral de interés (una mayor concentración significa por lo general más acontecimientos de detección, lo que está supeditado a la distribución granulométrica como se indica posteriormente);

50 la distribución granulométrica (una distribución de tamaños con más partículas dentro de un intervalo de tamaños detectable tendrá como resultado más acontecimientos de detección);

el caudal del material que pasa por el detector.

Por consiguiente, en la realización preferida los electrodos están dimensionados para evitar acontecimientos de detección simultáneos entre pares de electrodos.

55 Puede lograrse un efecto similar aumentando el número de pilas de placas más pequeñas (cada una con su propia electrónica) con una menor capacitancia por pila. Esto puede ser útil para aumentar los acontecimientos de detección.

La corriente aplicada a los electrodos puede ser CC o CA. En el caso de la CC, idealmente el voltaje es menor de 3 V para impedir una electrolisis y/o una electrolisis de materiales en el caudal de explotación, que puede tener como resultado una generación de gas que puede causar una disolución del material de los electrodos. En algunos casos, una generación de gas (que no cause una disolución de los electrodos) puede ser beneficiosa, dado que, por ejemplo, el oro denso tenderá a ser empujado a través de una capa de gas H₂ (que se forma como microburbujas a partir de la nucleación) para proporcionar una señal más clara.

Con la CA pueden utilizarse voltajes mayores con frecuencias mayores, limitando la generación de gas y la disolución de los electrodos. Por lo general, las frecuencias mayores hasta un intervalo de unos pocos kHz requerirán pilas de placas más pequeñas con una separación reducida, cada una con su propia electrónica para optimizar los efectos de capacitancia.

Así pues, un primer electrodo está provisto de una primera cara que tiene una primera área superficial y un electrodo correspondiente de carga opuesta está provisto de una segunda cara que tiene una segunda área superficial. Los electrodos están dispuestos en una disposición apilada con un espacio entre los mismos. Un material de explotación puede fluir a través de este espacio. El material de explotación tiene un tiempo de permanencia en este espacio que es proporcional a la velocidad de flujo del material de explotación. El tiempo de permanencia está configurado de manera que sea adecuado para que el material de interés interactúe y forme una conexión eléctrica entre el primer electrodo y el electrodo correspondiente y se produzca una señal detectable. El tiempo de permanencia puede cambiarse modificando la velocidad de flujo del material de explotación a través del espacio. Como alternativa o adicionalmente, el tiempo de permanencia puede modificarse utilizando electrodos que tengan áreas superficiales diferentes. Por ejemplo, los electrodos con áreas superficiales mayores abarcarán un mayor espacio a través del cual puede fluir el material, aumentando así el tiempo de permanencia. Idealmente se selecciona un tiempo de permanencia que dé ocasión suficiente para el contacto eléctrico y por lo tanto la generación y detección de una señal eléctrica.

La separación entre electrodos puede lograrse mediante distanciadores no conductores. Los distanciadores no conductores pueden disponerse en una disposición alternante con las placas de electrodo conductoras en una estructura de tipo capas en paralelo. La separación entre electrodos y/o el espesor de los distanciadores no conductores estará típicamente dentro de un intervalo de 10 µm a 200 µm.

Los distanciadores no conductores pueden estar hechos de un material aislante que sea duro para resistir el desgaste. Preferiblemente, los distanciadores no conductores están hechos de un material que tenga una dureza de al menos 7, pero preferiblemente de 9, en la escala de Mohs. Los materiales aislantes adecuados incluyen diamante no conductor, corindón (Al₂O₃, zafiro, rubí) u otro polvo duro (tal como nitruro de boro) en epoxi. Como alternativa, los distanciadores no conductores pueden estar hechos de un material aislante que sea elástico, tal como uretano reforzado con nailon. El material aislante tendrá preferiblemente una elasticidad similar a la de sus electrodos asociados.

En algunas realizaciones, el distanciador no conductor podría formar parte de una pared, un suelo y/o un techo del conducto o canal. Por ejemplo, puede montarse una serie de placas de electrodo en una pared lateral del conducto o canal, con los electrodos sobresaliendo horizontalmente de la pared lateral. De modo similar, el suelo o el techo pueden estar equipados de manera adicional o alternativa con los electrodos sobresaliendo hacia el interior del flujo de material. Este medio de disposición tiene la ventaja de que un sensor alargado (por ejemplo en forma de una barra) no sobresale hasta el centro del canal de flujo. Además, dado que el perfil de velocidad de flujo aumenta hacia el centro de un canal de flujo, el uso de un conjunto de electrodos montados en una pared puede ser ventajoso, ya que el menor flujo en los bordes significa menos desgaste y también reduce potencialmente una pérdida de energía, porque el flujo se ve menos obstaculizado.

Los electrodos conductores duros pueden emparejarse con distanciadores no conductores bien duros, bien elásticos. De manera similar, los electrodos elásticos pueden emparejarse con distanciadores no conductores bien duros, bien elásticos.

La resistencia de los electrodos conductores y de los distanciadores no conductores al desgaste es más importante cuando estos elementos están dispuestos en un proceso de vigilancia en línea, en comparación con los dispositivos descritos en los documentos CA1215743 y CA1188734. Las barras de la presente invención están expuestas a un flujo de material de explotación que, durante el funcionamiento, está fluyendo constantemente por delante de las barras. Esto significa que las barras de la presente invención están constantemente expuestas al desgaste durante el funcionamiento. En cambio, los dispositivos descritos en los documentos CA1215743 y CA1188734 simplemente se insertan en la tierra en diversos puntos de toma de muestras. Estos dispositivos no están expuestos a una corriente de material de explotación en constante movimiento y, por lo tanto, no están expuestos a un entorno de gran desgaste.

En una realización hay al menos dos pilas de barras con separaciones diferentes entre las placas conductoras. Una pila de barras tiene una separación grande y una pila de barras tiene una separación pequeña. Esta disposición permite detectar partículas de mineral de diferente tamaño; por ejemplo la barra con la separación grande entre elementos conductores detecta sólo partículas de mineral grandes, mientras que la barra con la separación pequeña

entre elementos conductores detecta adicionalmente partículas de mineral pequeñas que no pueden ser detectadas por la barra con la separación grande entre elementos conductores.

5 Por ejemplo, una pila de barras tiene una separación de 10 μm para la detección de partículas conductoras pequeñas. La otra pila de barras tiene una separación de 100 μm para la detección de partículas conductoras mayores. Cada pila puede estar provista de su propia electrónica.

Se entenderá que es posible utilizar más de dos pilas. Por ejemplo, puede utilizarse una pluralidad de pilas, algunas de las cuales pueden tener electrodos y elementos no conductores de diferente tamaño. El número y la configuración exactos de las pilas de barras en la pluralidad de pilas dependerá de varios factores, tales como el tipo de material de explotación y las propiedades físicas y químicas del material de interés.

10 De manera similar, se colocan barras de placas conductoras de diferentes tamaños en una corriente de salida de la planta de extracción de mineral para vigilar la concentración del material de interés en la corriente después de la extracción de mineral (que funciona en la manera descrita anteriormente). Esto proporciona una indicación sobre la cantidad del material de interés que se ha extraído en la etapa de extracción de mineral y, por lo tanto, proporciona datos sobre la eficacia del proceso.

15 El experto en la técnica apreciará que es posible utilizar barras adicionales con diversos grados de separación, dependiendo del tamaño y la distribución de tamaños esperados de las partículas de mineral dentro del aluvión.

20 La Figura 4A proporciona una ilustración de dos barras 401, 402 apiladas con placas conductoras 403. La primera barra 401 tiene un distanciador no conductor 404 que proporciona un espacio grande entre las placas conductoras 403. La segunda barra 402 tiene un distanciador no conductor 405 que proporciona un espacio pequeño entre las placas conductoras 403.

La Figura 4B muestra una realización en la que las barras 401, 402 están incorporadas en línea a un conducto 406. A través del conducto 406 se bombea fango 407, que pasa a través de los distanciadores 204, 205 entre las placas conductoras 403. Las barras detectan la presencia de partículas conductoras (que representan el material de interés, por ejemplo oro) según pasa el fango 407.

25 La Figura 4C proporciona una ilustración de una realización de una pila de electrodos 408. La pila de electrodos 408 incluye dos electrodos positivos 410 y 412 y dos electrodos negativos 414 y 416. Los electrodos positivos y negativos están separados por un elemento distanciador no conductor 418. Los electrodos positivos 410 y 412 adyacentes están aislados eléctricamente por una capa, que en esta realización es un distanciador no conductor 420. De manera similar, los electrodos negativos 414 y 416 adyacentes están aislados eléctricamente por una capa, que en esta realización es un distanciador no conductor 422. Las capas no conductoras 420 y 422 no son necesariamente iguales a la capa distanciadora no conductora 418. Como puede verse en la Figura, los electrodos tienen diferentes tamaños. El electrodo positivo 410 y el electrodo negativo 416 tienen el mismo tamaño, extendiéndose el perímetro exterior de estos electrodos más allá del perímetro exterior de los electrodos 412 y 414. En esta disposición pueden formarse cuatro circuitos separados: un primer circuito entre los electrodos 410 y 416, un segundo circuito entre los electrodos 410 y 414, un tercer circuito entre los electrodos 412 y 416 y un cuarto circuito entre los electrodos 412 y 414.

Los electrodos están dispuestos de manera que forman entre los mismos un espacio 424 de flujo para el material de explotación.

40 Como puede verse en la Figura 4C, existen tres separaciones diferentes entre electrodos: una primera separación entre los electrodos 410 y 416, una segunda separación entre los electrodos 410 y 414 y los electrodos 412 y 416 y una tercera separación entre los electrodos 412 y 414. Debido a estas tres separaciones diferentes entre electrodos, las partículas conductoras con diferentes tamaños formarán puentes entre diferentes electrodos y por lo tanto activarán diferentes circuitos.

45 Las partículas grandes formarán un puente entre los electrodos 410 y 416, activando el primer circuito. Las partículas de tamaño mediano formarán un puente entre los electrodos 410 y 414 o entre los electrodos 412 y 416, activando el segundo circuito o el tercer circuito. Las partículas pequeñas formarán un puente entre los electrodos 412 y 414, activando el cuarto circuito. De esta manera puede obtenerse información en cuanto al tamaño de las partículas conductoras en un material de explotación.

50 La Figura 4C muestra también que cada uno de los electrodos 410, 412, 414 y 416 tiene una superficie achaflanada. Esta superficie achaflanada ayuda a impedir que el material en partículas se quede encajado en el espacio 420 de flujo.

Además, los electrodos 410, 412, 414 y 416 están dispuestos de manera que el tamaño de los electrodos disminuye de manera secuencial hacia el centro de la pila de electrodos. Esta disposición también ayuda a impedir que el material se quede encajado o atrapado de otro modo en el espacio 420 de flujo.

Los electrodos mostrados en la Figura 4C pueden ser una pila completa o ser sólo una parte de los electrodos de una pila. En este último caso, pueden preverse electrodos adicionales a ambos lados de los electrodos 410 y 416 (con un material no conductor apropiado entre los mismos). Estos electrodos adicionales pueden tener un tamaño que aumente de manera secuencial, ampliando así el intervalo de tamaños del material de interés que puede detectarse. Como alternativa, los electrodos adicionales pueden ser una pila adicional de electrodos similares a los de la Figura 4C para proporcionar una pila adicional, con la misma separación, adyacente a la pila de electrodos mostrada en la Figura 4C. Como alternativa, la pila adicional puede ser diferente de la pila mostrada en la Figura 4C y puede incluir un número o tamaño diferente de electrodos y espacios no conductores.

Las Figuras 4D y 4E ilustran realizaciones adicionales de la presente invención, que se han llevado a cabo utilizando técnicas de fabricación de estado sólido. En la Figura 4C, la pila de electrodos se ha formado depositando capas conductoras y aislantes alternantes sobre un substrato S1, por ejemplo utilizando deposición de vapor químico o un método similar. La pila de electrodos de la Figura 4C se forma de la siguiente manera. La primera capa depositada sobre el substrato S1 es una capa conductora en la que están formados unos electrodos E1 y E2. E1 y E2 no están en contacto entre sí y, como tal, el espacio de aire entre los mismos constituye un espacio entre los electrodos E1 y E2. Encima de esta capa se forma una capa aislante para crear unos distanciadores SP1 y SP2. Los distanciadores SP1 y SP2 dejan una pequeña distancia en las puntas de E1 y E2 expuesta para permitir un contacto con material de explotación durante el uso. Este proceso se repite para crear unos electrodos conductores E3 y E4 sobre los distanciadores SP1 y SP2. Encima de E3 y E4 se forman unos distanciadores aislantes adicionales. Esto continúa hasta que se ha depositado la capa conductora más alta y se han formado electrodos. Sobre esta capa conductora más alta puede depositarse una capa aislante opcional para formar unas capas aislantes IL1. Cada electrodo E1 a E8 está conectado a la electrónica de sensores para permitir la detección de partículas conductoras que formen un puente entre cualquier par de electrodos de polaridad opuesta.

La Figura 4E es una construcción alternativa a la de la Figura 4D, en la que los bordes de las capas depositadas son las superficies expuestas de los electrodos. En este ejemplo, se ha depositado sobre un substrato S1 una capa conductora en la que está formado E8. Encima de esta capa conductora se deposita una capa aislante. Ésta constituye un distanciador SP1. Este proceso de depositar capas conductoras y capas aislantes continúa hasta que se ha formado el electrodo E7. Sobre esta capa se forma una capa aislante IL1 como capa de cubrimiento. Al igual que en la realización anterior, cada electrodo formado en la pila está conectado a la electrónica de sensores para permitir la detección de una partícula conductora que forme un puente entre dos de los electrodos.

Se apreciará que de esta manera puede formarse un número cualquiera de electrodos en un número cualquiera de capas. Por ejemplo, pueden formarse múltiples electrodos en una sola capa conductora (como ilustran E1 y E2 en la Figura 4D).

Para formar los electrodos puede utilizarse una amplia gama de materiales, incluyendo diamante, carburo de silicio, carburo de titanio, nitruro de titanio, nitruro de boro, boruro de wolframio, carburo de molibdeno, boro, diboruro de renio, stishovita, diboruro de titanio, carbonado. Estos materiales pueden depositarse mediante deposición de vapor (cuando sea apropiado) o incorporarse como partículas en una matriz.

La Figura 5 ilustra una realización de un procedimiento 500 de explotación sencillo según la presente invención. Un material 502 de entrada se alimenta a través de un sistema 504 de vigilancia en línea y un conmutador 506 decide adónde se alimenta a continuación la corriente de explotación. En el presente ejemplo, hay dos pasos de procesamiento ulterior: el "paso A" 508 y el "paso B" 510. Sin embargo, se entenderá que pueden utilizarse pasos de procesamiento adicionales.

En el presente ejemplo, el sistema 504 de vigilancia en línea vigila el material 502 de entrada para determinar una concentración de un material de interés en el material 502 de entrada. Si la concentración del material de interés determinada está por encima de un valor umbral, el sistema 504 de vigilancia en línea utiliza el conmutador 506 para desviar el material 502 de entrada al paso A 508 de procesamiento ulterior.

El paso A 508 de procesamiento ulterior puede ser por ejemplo un paso de tratamiento previo o de extracción. Sin embargo, si la concentración del material de interés está por debajo de un valor umbral, el sistema 504 de vigilancia en línea utiliza el conmutador 506 para desviar el material 502 de entrada al paso B 510 de procesamiento ulterior.

El paso B 510 de procesamiento ulterior puede ser por ejemplo un paso de separación que separe al menos parte de la ganga del material 502 de entrada para aumentar la concentración del material de interés antes del procesamiento ulterior. Como alternativa, el paso B puede ser desechar el material de entrada como residuos debido a que la concentración del material de interés sea demasiado baja para ser viable para una extracción.

Ventajosamente, el sistema 504 de vigilancia en línea puede utilizarse para vigilar de manera continua el material 502 de entrada, de manera que el material 502 de entrada que incluya una concentración por encima del umbral deseado pueda desviarse al paso A 508 de procesamiento ulterior y, si se comprueba después que un material 502 de entrada está por debajo del umbral deseado, éste pueda desviarse al paso B 510 de procesamiento ulterior. Así pues, el sistema 504 de vigilancia en línea puede proporcionar un control en tiempo real del proceso de explotación para mejorar la eficacia del proceso.

La Figura 6 ilustra otra realización de un proceso 600 de explotación que recibe un material 602 de entrada y en primer lugar separa este material según varios pasos 604, 606 y 608 de clasificación. El material 610 de tamaño menor del paso 604 de clasificación se alimenta al paso 606 de clasificación, el material 612 de tamaño menor del paso 606 de clasificación se alimenta a 608, el material 614 de tamaño menor del paso 608 de clasificación se alimenta a un paso 616 de procesamiento ulterior, que puede ser un paso de clasificación ulterior, un paso de tratamiento o un paso de eliminación.

Es importante señalar que pueden utilizarse diversos pasos de clasificación y que los tamaños de los componentes constituyentes del material de entrada pueden variar dependiendo de la naturaleza del paso de clasificación. Por ejemplo, un cribado separará todo el material en los intervalos de tamaño apropiados. Sin embargo, otros métodos, tales como el uso de un separador ciclónico (por ejemplo un hidrociclón), separarán el material dependiendo de su forma y densidad. Esto puede tener como resultado una situación en la que se tienen partículas de mayor tamaño que son menos densas junto con partículas pequeñas de un material más denso. A modo de ejemplo, la división en tamaño mayor/tamaño menor para una mezcla de partículas de oro y cuarzo puede ser oro 0,1 mm y cuarzo 1 mm.

El material 618 de tamaño mayor del paso 604 de clasificación se alimenta a través de un sistema 620 de vigilancia en línea que está en comunicación con un conmutador 622 para desviar el material bien al paso A 624 de procesamiento ulterior, bien al paso B 626 de procesamiento ulterior.

De manera similar, el material 628 de tamaño mayor del paso 606 de clasificación se alimenta a través de un sistema 630 de vigilancia en línea que está en comunicación con un conmutador 632 para desviar el material bien al paso A 634 de procesamiento ulterior, bien al paso B 636 de procesamiento ulterior.

El material 638 de tamaño mayor del paso 608 de clasificación se alimenta a través de un sistema 640 de vigilancia en línea que está en comunicación con un conmutador 642 para desviar el material bien al paso A 644 de procesamiento ulterior, bien al paso B 646 de procesamiento ulterior.

Los pasos 620, 630, 640 de vigilancia en línea, los conmutadores 622, 632, 642 y los métodos 624, 626, 634, 636, 644, 646 de procesamiento ulterior pueden funcionar de manera similar a los descritos anteriormente con respecto al procedimiento ilustrado en la Figura 5.

Una ventaja de este sistema es que cada uno de los sistemas 618, 628, 638 de vigilancia puede estar equipado con detectores optimizados y/o calibrados para detectar partículas dentro de un régimen de tamaños específico. Por ejemplo, los detectores pueden estar optimizados para tener una separación entre electrodos a medida de los tamaños esperados del material de interés en el material de entrada clasificado.

La Figura 7 ilustra otra realización de un procedimiento 700 de explotación. En esta realización, se alimenta un material 702 de entrada a través de un proceso 704 de trituración/machaqueo, en el que se tritura el material de entrada.

Después, el material triturado se alimenta a un clasificador 708, que en general puede ser como se ha descrito anteriormente con respecto a la Figura 6. El material 709 de tamaño menor se alimenta a un paso A 710 de procesamiento ulterior, que puede ser un paso de clasificación ulterior, un paso de tratamiento, un paso de procesamiento o un paso de eliminación, como se ha descrito en general anteriormente con respecto a las otras realizaciones. El material 712 de tamaño mayor se alimenta a través de un sistema 714 de vigilancia en línea.

El sistema 714 de vigilancia en línea está en comunicación con un conmutador 716 para desviar material al paso B 718 de procesamiento ulterior o para alimentar el material de vuelta al proceso 704 de trituración/machaqueo a través de un circuito 720 de reciclado. Como en el caso anterior, el paso B 718 de procesamiento ulterior puede ser un paso de clasificación ulterior, un paso de tratamiento, un paso de procesamiento o un paso de eliminación, como se ha descrito en general anteriormente con respecto a las otras realizaciones.

Esta realización es más probable que sea útil con yacimientos no aluviales, tales como yacimientos de roca dura.

Aunque la invención puede aplicarse de manera genérica para una gama de minerales procedentes de yacimientos aluviales situados bajo tierra, debajo de una capa de roca, a continuación se tratará de manera general en relación con yacimientos de oro aluviales en un cauce antiguo de río relleno de aluvión (*Deep Lead*) con una capa de basalto de alrededor de 60 m de profundidad suprayacente al yacimiento. En la Figura 5 se muestra una sección típica.

La primera etapa en el dragado por succión de cauces antiguos de río rellenos de aluvión (*Deep Lead Suction Dredging*) es perforar un pozo para poder acceder al aluvión. Actualmente, la capacidad de perforación vertical hasta una profundidad de 100 metros parece estar limitada (por razones económicas) a un pozo de 1,8 m de diámetro en basalto. Si es necesario, este pozo podría agrandarse hasta cualquier tamaño necesario. En primer lugar, debería perforarse un pozo de prueba más pequeño, para establecer de forma definitiva las características del basalto. Es posible que sea necesario revestir el pozo para impedir un flujo de acuífero transversal. También existe potencialmente un problema de desplome del pozo, dependiendo de las características estructurales del basalto.

La arena y la arcilla suprayacentes al derrubio pueden considerarse material de recubrimiento y deben eliminarse antes de excavar el derrubio. Inicialmente puede ser necesario transportar éstas por completo a la superficie, pero según avance la explotación a lo largo del cauce será posible rellenar este último sin los considerables costes de energía y mantenimiento de llevar este material a la superficie. Esto se muestra en la Figura 8.

- 5 La Figura 8 muestra una capa 801 de basalto suprayacente a un yacimiento aluvial 802 que contiene oro. Se ha perforado un pozo 803 de sondeo en la capa 801 de basalto. Debajo del pozo 803 de sondeo de la capa 801 de basalto hay una zona excavada 804. Un ROV 805 tiene un umbilical 807 que está en comunicación con una instalación exterior en la superficie (no mostrada). El ROV 805 explota una cara 806 del aluvión dragando material aluvial a la superficie a través del umbilical 807. El material aluvial se procesa en la superficie para extraer el oro. A
- 10 continuación, el material aluvial empobrecido en cuanto al oro se vuelve a llevar bajo tierra al ROV 805 a través del umbilical 807 y después, a través de un conducto 808, se deposita de nuevo en una zona 809 de relleno. Como alternativa, si se detecta que parte del material de recubrimiento no contiene cantidades económicamente procesables de oro (por ejemplo con un dispositivo de detección como se ha descrito anteriormente), el ROV 805 puede dragar el material directamente al relleno 809 a través del conducto 808 evitando el tratamiento en superficie.
- 15 Hay que señalar que el material de recubrimiento contiene oro y, en algunos casos, puede valer la pena llevarlo a la superficie para su tratamiento. Otro punto que se ha de tener en cuenta es el contenido de oro del material de recubrimiento y el bajo coste del dragado por succión de cauces antiguos de río rellenos de aluvión, lo que hace que la mayor parte del material de recubrimiento sea explotable. El principal requisito de los ROV de retirada de material de recubrimiento es que muevan una gran cantidad de material rápidamente. Para esta tarea no es necesario un alto
- 20 grado de precisión de posicionamiento. Las fuerzas que actúan sobre el ROV a la hora de mover material sugieren que éste debería fijarse a cualquier fondo disponible. El movimiento del ROV puede lograrse mediante orugas, natación o una combinación de ambos.

El derrubio se diferencia del material de recubrimiento por un mayor tamaño del material y un mayor contenido de oro. Algunas de las piedras serán demasiado grandes para ser levantadas por cualquier equipo de tamaño

25 razonable e impedirán el acceso a parte del material. El enfoque básico será convertir el material en fango con chorros de agua y aspirar el fango. El ROV para la explotación de derrubios puede tener un diseño diferente del utilizado para la retirada de material de recubrimiento.

Dado que el derrubio se extiende sólo por parte de la anchura del cauce, el ángulo de talud estable del material de recubrimiento determinará la proporción de desmonte junto con los espesores portantes de material de

30 recubrimiento y derrubio. Dado que el material (y el acuífero) está húmedo y habrá agua moviéndose a través del mismo, el ángulo de talud puede ser bastante pequeño, del orden de 1:4 a 1:10. Otro factor que se ha de tener en cuenta es la resistencia y la estabilidad del techo de basalto, dado que esto es importante porque determina la anchura de corte que puede realizarse en un momento cualquiera. Aparte de limitar la anchura de corte, pueden introducirse pilares para sustentar el techo. Éstos podrían estar formados por bolsas de plástico grandes en las que

35 se haya bombeado hormigón fresco hasta llenarlas.

A la hora de explotar el derrubio, el requisito es convertir en fango el derrubio mediante chorros de agua y retirar el fango mediante succión. En la Figura 8 se muestra un concepto para este fin, que no se diferencia mucho de un aerodeslizador. Como en un aerodeslizador, la eficacia de los chorros para la conversión en fango podría mejorarse

40 utilizando un faldón y la eficacia de la recuperación de oro podría mejorarse mediante tubos flexibles de succión colgantes. Poner la cabeza de succión y cualesquiera cortadores necesarios en un ROV y hacer que éste se traslade de un sitio a otro al final de un tubo flexible aumenta radicalmente el volumen de derrubio que puede extraerse desde un solo pozo de sondeo, en comparación con otros métodos de explotación (tales como el dragado recto).

El tamaño del ROV de explotación de derrubios es importante, dado que es probable que haya piedras bastante grandes en el cauce, lo que implica una plataforma grande para convertir en fango la zona de éstas y alrededor de éstas. Con la limitación del tamaño que puede bajarse por el pozo, esto sugiere que el ROV debería estar diseñado para bajar por el pozo en secciones y ser ensamblado bajo tierra.

Inevitablemente, el ROV de explotación de derrubios encontrará pepitas que no podrá extraer por succión. Considerando el valor de éstas, sería deseable que pudiese localizarlas mediante métodos de detección a distancia

50 para la extracción mediante un ROV de mantenimiento.

REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo de vigilancia en línea para detectar un material de interés en un material de explotación, incluyendo el dispositivo:
 - 5 una pluralidad de electrodos (410, 412, 414, 416) que incluyen al menos un primer electrodo, que es un electrodo positivo (410, 412) o negativo (414, 416), y unos segundos y terceros electrodos que tienen una carga opuesta a la del primer electrodo,
 - estando el primer electrodo separado de los segundos y terceros electrodos por uno o varios espacios no conductores a través de los cuales puede pasar material de explotación,
 - 10 estando el dispositivo configurado para detectar la presencia del material de interés en el material de explotación según pasa éste a través del espacio (424) y forma una conexión eléctrica entre el primer electrodo y al menos uno de los segundos o terceros electrodos, **caracterizado por que** el primer electrodo está configurado para formar un circuito eléctrico diferente con cada uno de los segundos y terceros electrodos.
2. El dispositivo de vigilancia en línea según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde los electrodos están dispuestos en una pila (408), estando el primer electrodo (414, 416) situado a una primera distancia del segundo electrodo en la pila (408) y a una segunda distancia del tercer electrodo en la pila, siendo la primera distancia menor que la segunda distancia.
3. El dispositivo de vigilancia en línea según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde el segundo y el tercer electrodo son electrodos adyacentes separados eléctricamente.
4. El dispositivo de vigilancia en línea según la reivindicación 3, en donde los electrodos están en una disposición escalonada, sobresaliendo el tercer electrodo por encima del segundo electrodo para formar el espacio y estando el tamaño y la forma del espacio configurados para minimizar un aprisionamiento del material de interés y/o del material de explotación.
5. El dispositivo de vigilancia en línea según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde uno o varios distanciadores no conductores (422) definen el o los espacios, y la pluralidad de electrodos están dispuestos de manera que están solapados al menos a una parte del o de los distanciadores no conductores (422), definiendo el solapamiento el o los espacios entre al menos el primer electrodo (410, 412) y los segundos y terceros electrodos.
6. El dispositivo de vigilancia en línea según la reivindicación 5, en donde el dispositivo de vigilancia en línea incluye una pluralidad de electrodos positivos y negativos, estando los electrodos positivos y negativos separados unos de otros por los distanciadores no conductores (405).
7. El dispositivo de vigilancia en línea según la reivindicación 5 o 6, en donde la pluralidad de electrodos son una pluralidad de placas conductoras (403) en una relación de apilamiento entre sí, siendo el distanciador no conductor (405) una placa no conductora situada entre placas conductoras adyacentes de carga opuesta, y en donde las placas adyacentes con la misma carga están separadas eléctricamente.
8. El dispositivo de vigilancia en línea según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde la pluralidad de electrodos incluyen cada uno una abertura, y el dispositivo incluye además un eje no conductor, extendiéndose el eje no conductor a través de las aberturas y estando la pluralidad de electrodos montados en el eje no conductor.
9. El dispositivo de vigilancia en línea según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde la pluralidad de electrodos están hechos cada uno de un material con una dureza de al menos 7 en la escala de Mohs; y en donde el espacio no conductor está hecho de un material con una dureza de al menos 7 en la escala de Mohs.
10. Un procedimiento de vigilancia en línea para detectar un material de interés en un material de explotación, incluyendo el procedimiento:
 - prever un dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes en un canal de flujo para el material de explotación,
 - 45 estando el dispositivo configurado para detectar la presencia del material de interés en el material de explotación según pasa éste a través del espacio y forma una conexión eléctrica entre el primer electrodo y al menos uno de los segundos o terceros electrodos,
 - transportar el material de explotación a través del canal de flujo de manera que al menos una parte del material de explotación pase a través del espacio; y
 - 50 vigilar la parte del material de explotación en cuanto al material de interés.

- 5 11. El procedimiento según la reivindicación 10, en donde el paso de vigilar incluye además proporcionar una señal de salida con un valor indicativo de la concentración relativa del material de interés en el material de explotación, comparándose el valor de la señal de salida con un valor de referencia y desechándose el material de explotación si la señal de salida está por debajo del valor de referencia y conservándose el material de explotación si la señal de salida está por encima del valor de referencia.
12. El procedimiento según la reivindicación 11, en donde el valor de la señal de salida se utiliza para determinar un proceso de explotación corriente abajo.
- 10 13. El procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 10 a 12, en donde el dispositivo está previsto tanto en una corriente de entrada a un proceso de explotación como en una corriente de salida del proceso de explotación.
14. El procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 10 a 13, en donde el material de interés es un metal, preferiblemente oro.

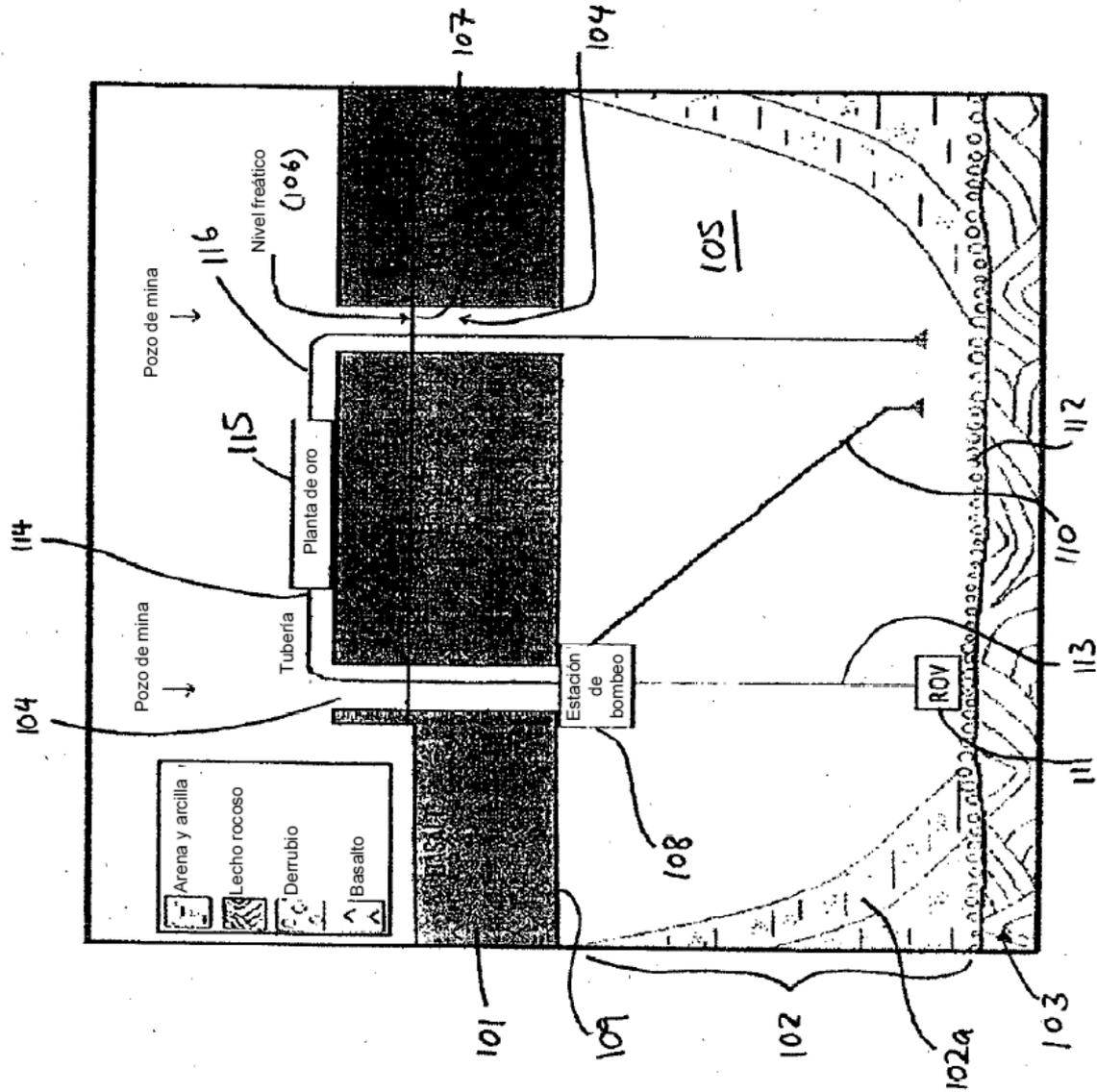


Figura 1

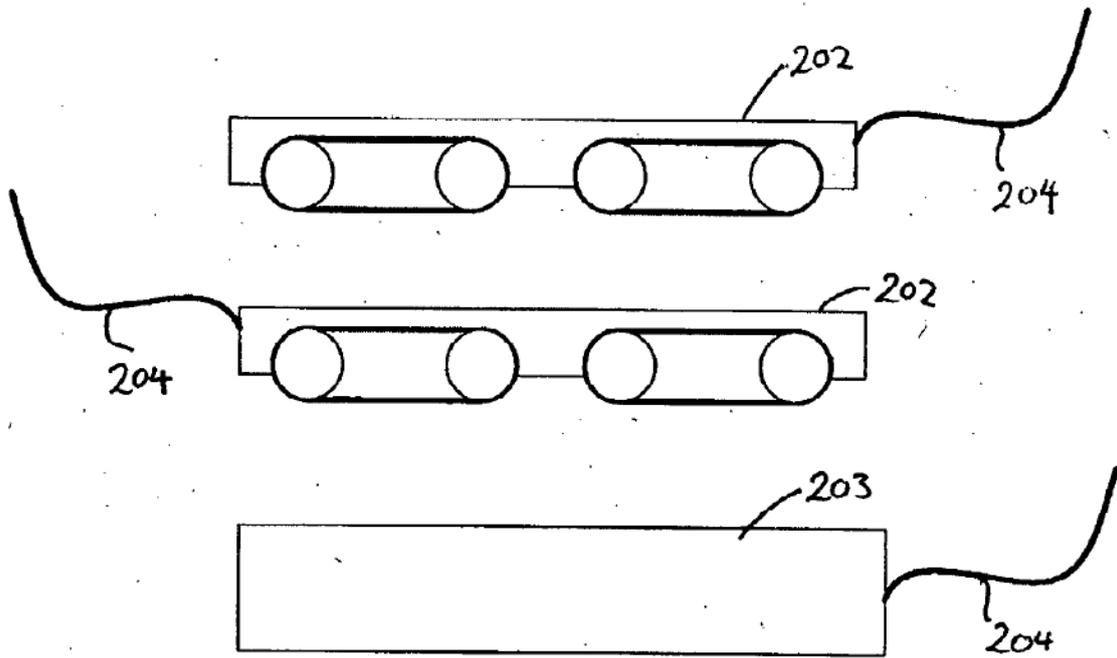


Figura 2A

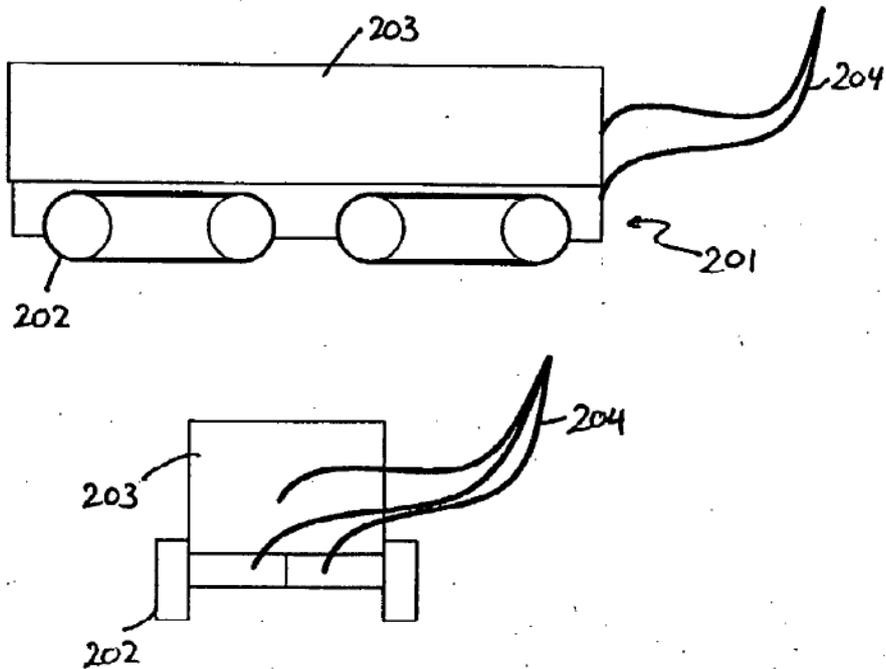


Figura 2B

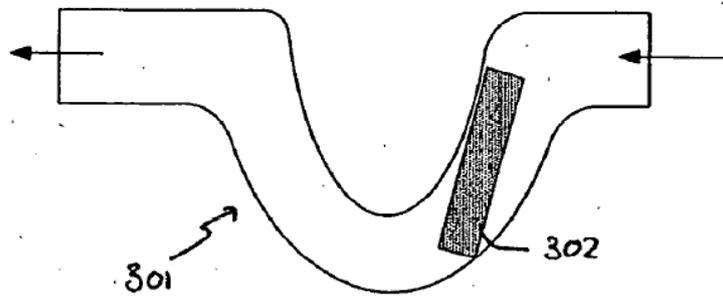


Figura 3

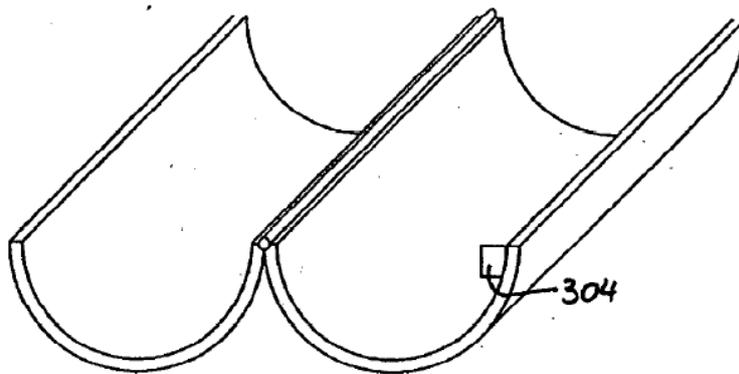
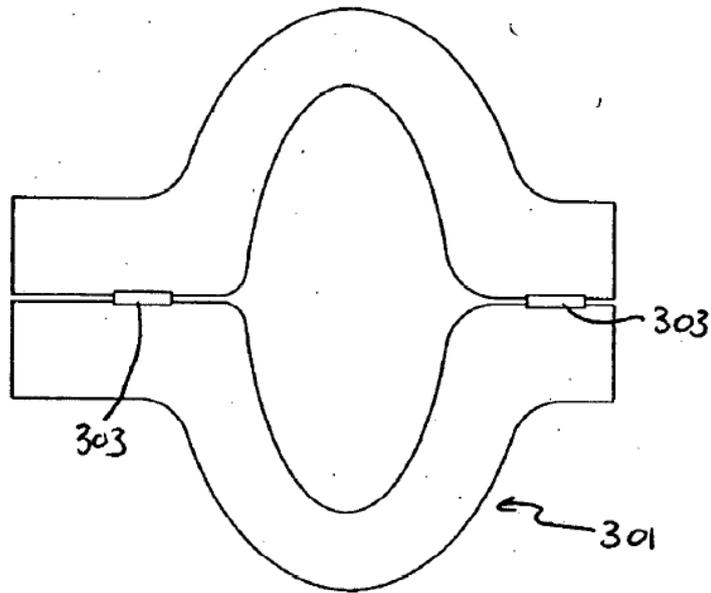


Figura 3B

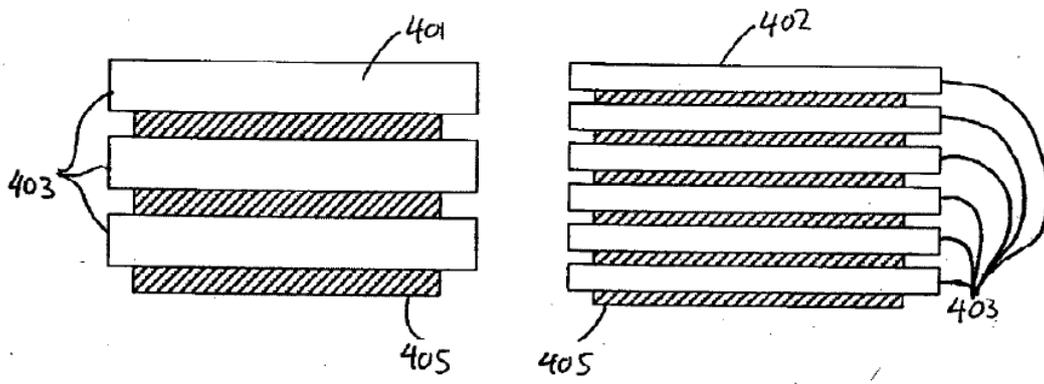


Figura 4A

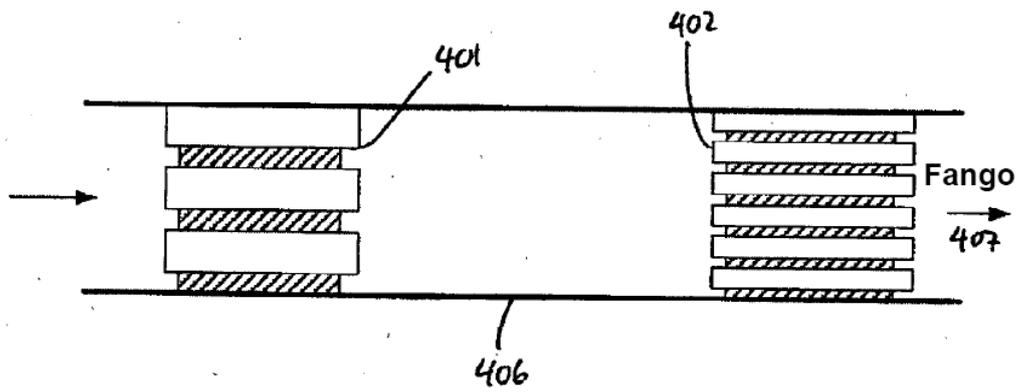


Figura 4B

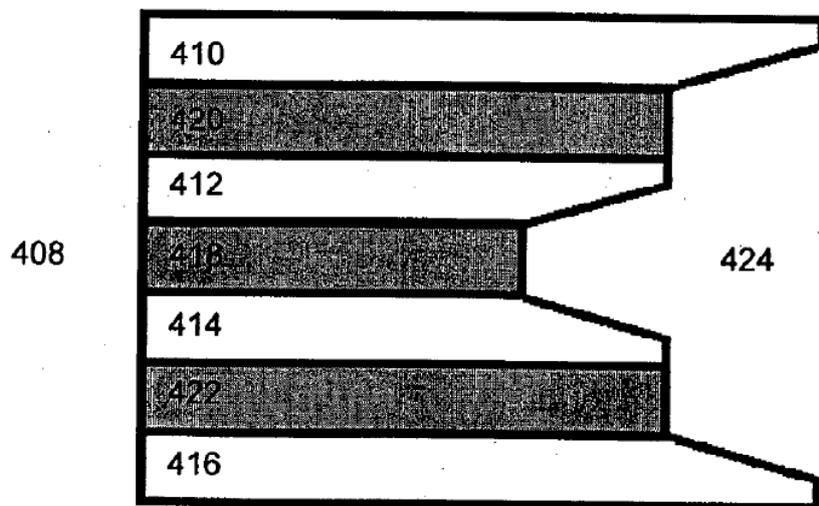


Figura 4C

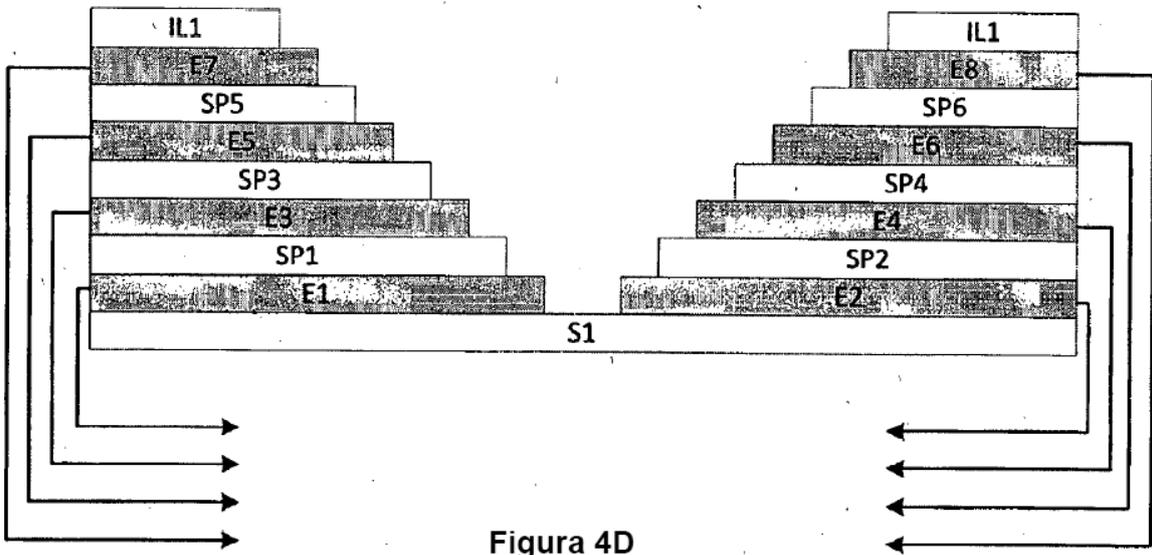


Figura 4D

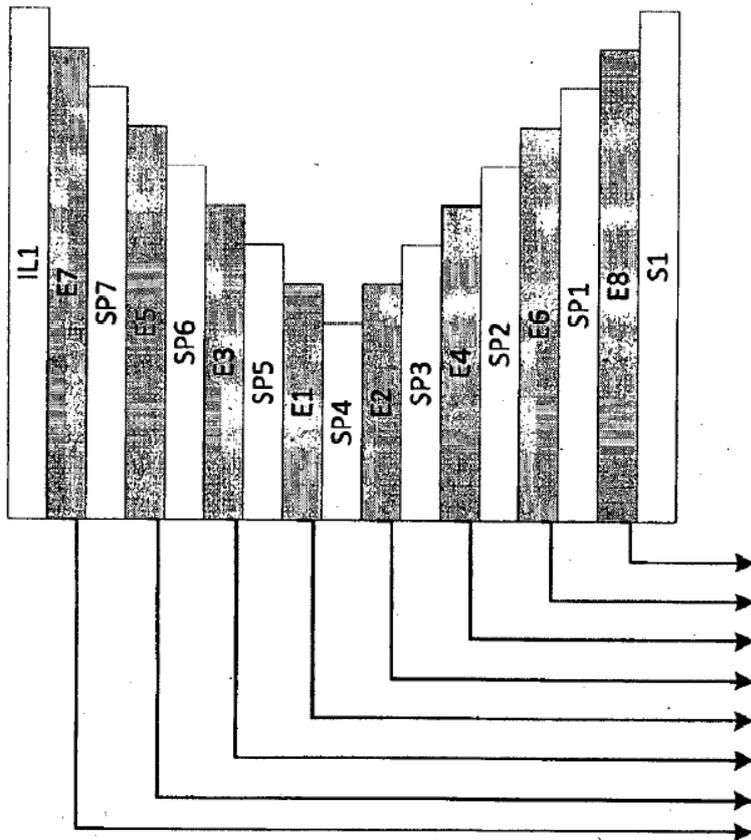


Figura 4E

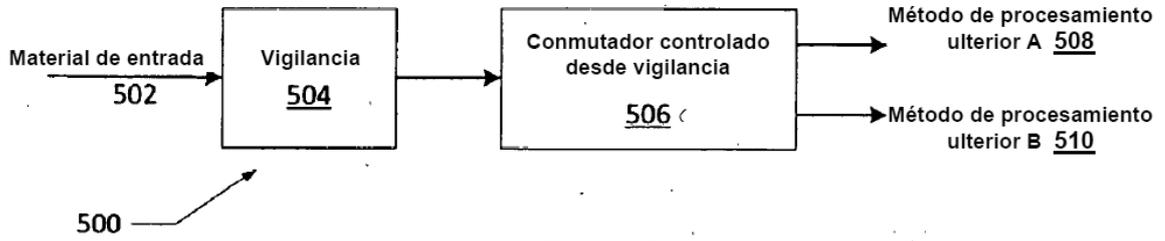


Figura 5

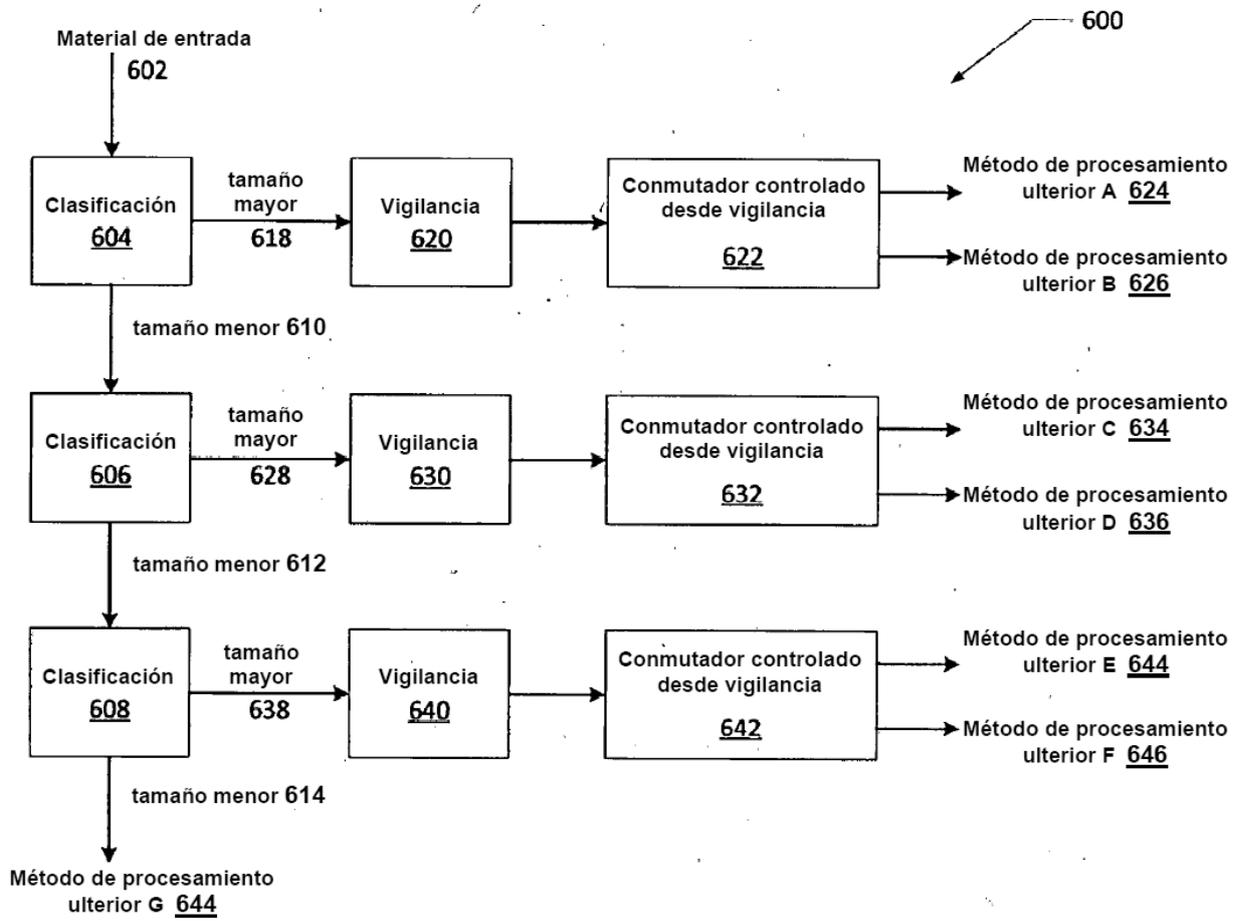


Figura 6

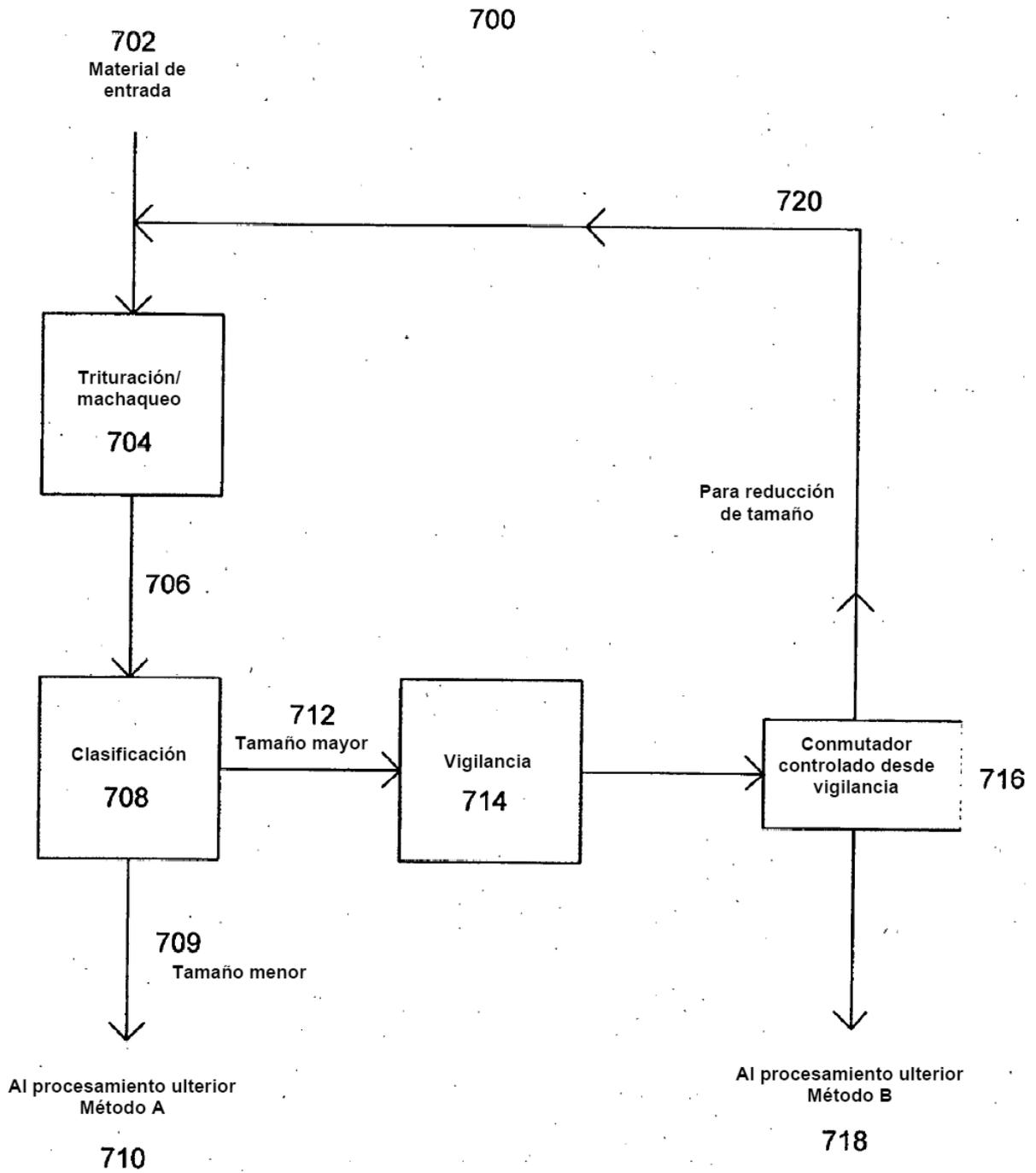


Figura 7

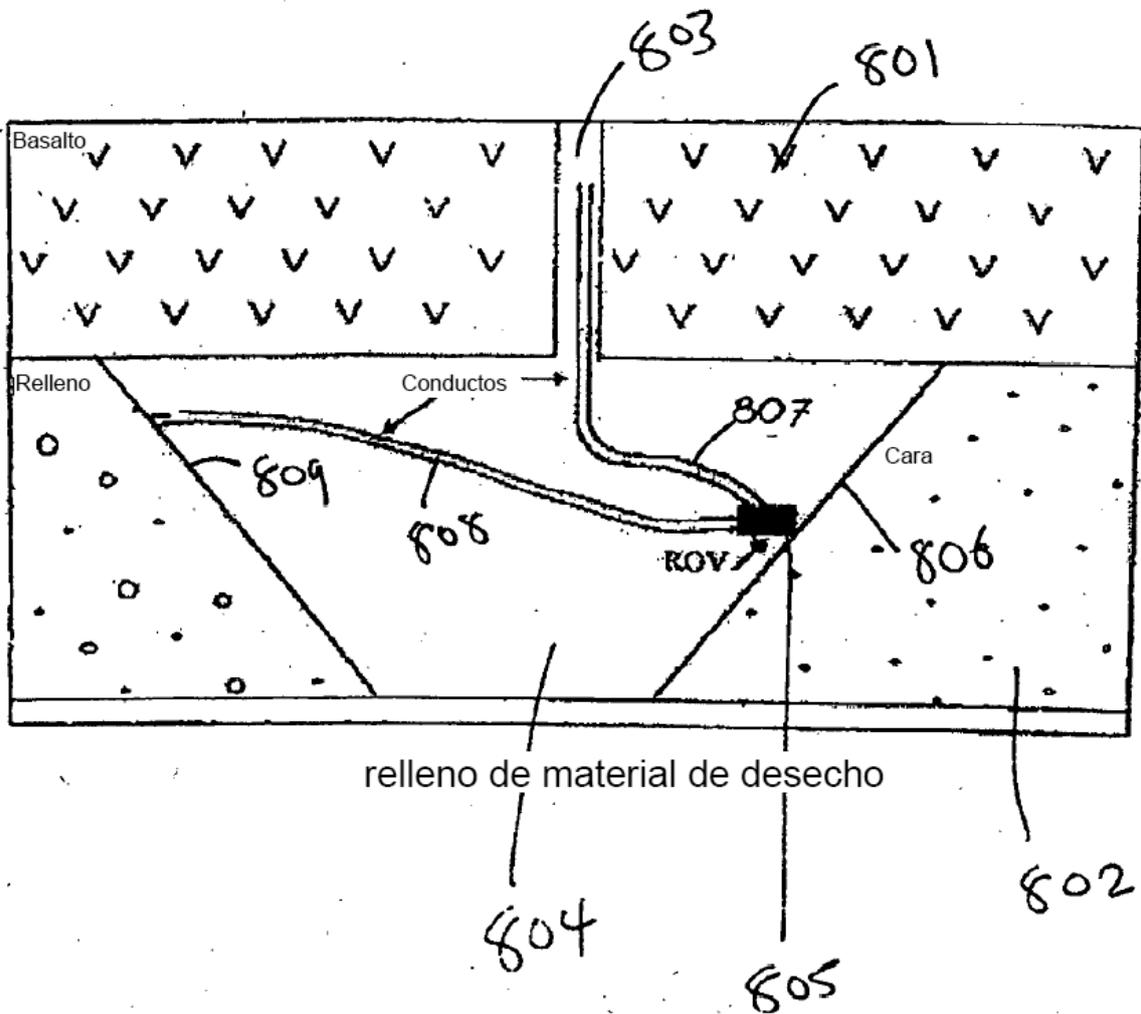


Figura 8