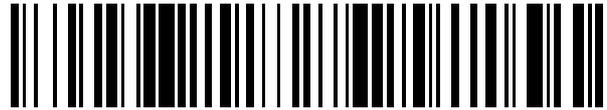


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 435 104**

21 Número de solicitud: 201330872

51 Int. Cl.:

C02F 11/00 (2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A2

22 Fecha de presentación:

12.06.2013

30 Prioridad:

15.06.2012 EP 12172295

15.06.2012 EP 12172296

43 Fecha de publicación de la solicitud:

18.12.2013

71 Solicitantes:

**SOLVAY SA (100.0%)
310, Rue de Ransbeek
B-1120 Bruselas BE**

72 Inventor/es:

SNOECK, George

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

54 Título: **Procedimiento de tratamiento de desechos**

57 Resumen:

Procedimiento de tratamiento de desechos.
Procedimiento para tratar un primer desecho que contiene metales pesados no inertizados, según el cual se forma una mezcla que comprende el primer desecho y un segundo desecho que contiene metales pesados inertizados por un tratamiento de fosfatación, de manera que se produzca un tercer desecho que contiene metales pesados inertizados.

ES 2 435 104 A2

DESCRIPCIÓN

Procedimiento de tratamiento de desechos.

La invención se refiere a un procedimiento competitivo de tratamiento de un desecho que contiene metales pesados, tal como ciertos lodos de estaciones de depuración, que tiene la ventaja notable de utilizar otro desecho que contiene metales pesados previamente inertizados. En un modo de realización particular de la invención, el tratamiento comprende la calcinación del desecho.

5 Los problemas planteados por las cantidades que crecen sin cesar de los desechos a evacuar, tratar y almacenar son bien conocidos. Estos desechos son de múltiples orígenes. Proviene por ejemplo de estaciones de depuración de agua, del dragado o limpieza de los cursos de agua o de industrias diversas y pueden contribuir a la contaminación de los suelos. El caso de los sedimentos de limpieza de las vías navegables es particularmente preocupante a la vista de las cantidades implicadas y de su contaminación por contaminantes tales como metales pesados y materias orgánicas. Una proporción importante de las vías navegables del norte de Europa está actualmente obstruida por los lodos que estorban allí la circulación de los barcos. Las consecuencias económicas y ambientales, directas o indirectas, son muy importantes. Por otra parte es evidente que esta situación preocupante de la red de navegación se debe principalmente a los inconvenientes de las soluciones actuales para el tratamiento y el almacenaje de desechos contaminados.

10 En efecto, un medio cómodo de evacuar los desechos consiste en descargarlos por barco en el mar o en transportarlos a vertederos. Sin embargo, cuando los desechos están contaminados por metales pesados o materias orgánicas peligrosas (lo que ocurre generalmente con los sedimentos que provienen de la limpieza de las vías navegables), este medio es evidentemente inaceptable. Antes de poder ser almacenados, los desechos deben ser tratados en efecto, con el fin de que cumplan con los ensayos de no toxicidad. Es igualmente importante poder secarlos de manera eficaz y económica, con el fin de facilitar su manipulación y almacenaje.

15 La invención pretende proporcionar un procedimiento para el tratamiento de desechos que sea más ventajoso económicamente y/o más competitivo técnicamente que los procedimientos de la técnica anterior, en particular los procedimientos descritos en las solicitudes de patentes SOLVAY WO 02/32817, WO 04/035490, WO 2005/100261 y WO 2007/080179, cuyo contenido completo se incorpora aquí como referencia, para cualquier fin que se pretenda.

20 A este efecto, la invención se refiere a un procedimiento para tratar un primer desecho que contiene metales pesados no inertizados, caracterizado por que se forma una mezcla que comprende el primer desecho y un segundo desecho que contiene metales pesados inertizados por un tratamiento de fosfatación, de manera que se produce un tercer desecho que contiene metales pesados inertizados.

La mezcla puede ser homogénea o heterogénea. Con preferencia es esencialmente homogénea.

30 La mezcla formada puede comprender otros ingredientes aparte del primer desecho y el segundo desecho, por ejemplo agua y/o un agente tensioactivo, o un comburente gaseoso tal como el oxígeno o el aire.

35 La mezcla se puede obtener por cualquier medio posible. Se puede obtener por medio de un agitador, por ejemplo en un mezclador previsto a este efecto. La mezcla no requiere necesariamente la utilización de medios de dispersión mecánica; así pues por ejemplo, la mezcla se puede formar en la cámara de un horno de calcinación o de un incinerador, en el cual el primer desecho y el segundo desecho se introducen por separado pero en el que las turbulencias causadas por el comburente gaseoso, exacerbadas por la temperatura elevada que reina en la cámara, son más que suficientes para mezclar los dos desechos.

40 Si se espera suficientemente, la simple puesta en contacto del primer desecho con el segundo desecho en la mezcla puede bastar para obtener la inertización de los metales pesados del primer desecho, y por tanto para producir el tercer desecho. Sin embargo, el tiempo de espera para obtener el efecto deseado puede ser muy largo si la mezcla formada se mantiene en condiciones desfavorables, en particular si se deja a la vez a una temperatura baja (inferior a 80 °C, por ejemplo) y en estado seco. Así pues, con el fin de acelerar la inertización de los metales pesados contenidos en el primer desecho, se procederá ventajosamente a la mezcla del primer desecho y del segundo desecho por vía húmeda (formando con preferencia una pasta acuosa con los dos desechos), o incluso se mantendrá la mezcla a una temperatura elevada (superior a 200 °C, por ejemplo); en este caso, si el primer desecho y/o el segundo desecho contienen materia orgánica y se mezclan también con un comburente, la inertización de los metales pesados irá acompañada de la combustión al menos parcial de la materia orgánica, y por poco que la temperatura de combustión sea suficientemente elevada (superior a 400 °C incluso a 550 °C, por ejemplo), con la descomposición esencialmente completa de la materia orgánica en productos gaseosos (principalmente, dióxido de carbono y vapor de agua) y la formación de escorias y/o de cenizas volantes, residuos sólidos que contienen metales pesados inertes y constituyen ventajosamente el tercer desecho según la invención.

Metales pesados lixiviables.

Ventajosamente más del 10 % en peso, eventualmente más del 15 % o más del 20 % en peso, de los metales pesados contenidos en el primer desecho son lixiviables en el ácido acético 0,5 M.

Ventajosamente como mucho el 10 % en peso de los metales pesados contenidos en el segundo desecho son lixiviables en el ácido acético 0,5 M.

Ventajosamente como mucho el 10 % en peso de los metales pesados contenidos en el tercer desecho son lixiviables en el ácido acético 0,5 M.

- 5 La fracción ponderal lixiviable de los metales pesados contenidos en el segundo desecho es ventajosamente al menos 2 veces inferior, con preferencia al menos 4 veces inferior a la fracción ponderal lixiviable de los metales pesados contenidos en el primer desecho.

- 10 La fracción ponderal lixiviable de los metales pesados contenidos en el tercer desecho equivale ventajosamente como mucho a la fracción ponderal lixiviable de los metales pesados contenidos en el segundo desecho, y de manera preferida equivale como mucho a la mitad.

Cantidades del primer desecho y del segundo desecho.

La cantidad ponderal del primer desecho equivale ventajosamente al menos al 10 %, con preferencia al menos al 20 % y de manera particularmente preferida al menos al 40 % de la cantidad ponderal del segundo desecho.

- 15 La cantidad ponderal del primer desecho equivale como mucho al 200 %, con preferencia como mucho al 100 % y de manera particularmente preferida como mucho al 60 % de la cantidad ponderal del segundo desecho.

Modo particular de realización de la invención, en el caso del tratamiento de fosfatación.

En un modo particular de realización de la invención, se forma una pasta acuosa que comprende el primer desecho y el segundo desecho, se realiza el espumado de la pasta, se deja madurar la pasta durante al menos 12 horas y después se seca hasta alcanzar una sequedad de al menos 70 %.

- 20 **Modo preferido de realización de la invención, en el caso del tratamiento de fosfatación.**

En un modo preferido de realización de la invención, se calcinan conjuntamente el primer desecho y el segundo desecho en un horno de calcinación, y al menos un producto de la co-calcinación elegido entre las escorias y las cenizas volantes forma el tercer desecho que contiene metales pesados inertizados.

- 25 Según este modo de realización preferido, es ventajoso que el primer desecho y el segundo desecho constituyan conjuntamente en el horno de calcinación un auto-combustible capaz de ser calcinado en ausencia de un tercer combustible que tenga un poder calorífico inferior más elevado que el del conjunto constituido por el primer desecho y el segundo desecho.

Siempre según este modo de realización preferido, la co-calcinación se realiza a una temperatura o en un intervalo de temperatura entre 450 °C y 1000 °C.

- 30 La co-calcinación se realiza ventajosamente en atmósfera oxidante, utilizando con preferencia el aire ambiente como comburente.

Post-tratamiento eventual del tercer desecho.

- 35 De manera ventajosa, se amasa el tercer desecho con agua, se añade eventualmente un aglutinante hidráulico y después se somete el conjunto que comprende el tercer desecho, el agua y el eventual aglutinante hidráulico a un fraguado y un endurecimiento, de manera que se forme una masa sólida.

Descripción del primer desecho.

- 40 El primer desecho contiene ventajosamente materia orgánica, en un contenido habitualmente igual al menos al 5 %, con preferencia al menos el 10 %, de manera particularmente preferida al menos el 20 %, de manera muy particularmente preferida al menos el 40 %, de manera aún más preferida al menos el 60 %, y de la manera más preferida al menos el 75 %.

Si se presenta el caso, el primer desecho contiene materia orgánica en un contenido habitualmente igual a como mucho el 95 %, a menudo como mucho el 90 %.

El primer desecho contiene ventajosamente al menos una sal cálcica.

- 45 De manera ventajosa, el primer desecho es un lodo de origen natural que se ha secado en caso de necesidad hasta alcanzar una sequedad de al menos 70 %. El primer desecho puede ser también un desecho, incluyendo un desecho artificial, en forma sólida.

El primer desecho preferido es un lodo de una estación de depuración que se ha secado hasta alcanzar una sequedad de al menos 80 %, con preferencia al menos 85 %.

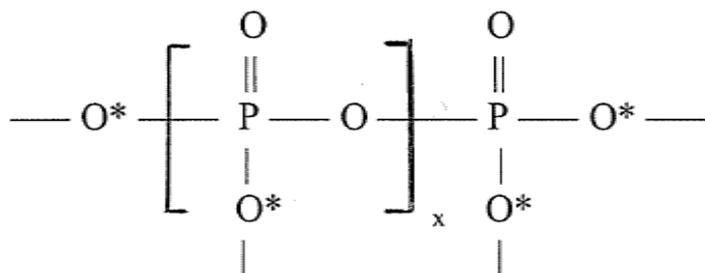
El primer desecho tiene ventajosamente una sequedad de al menos 85 %, con preferencia de al menos 90 %, y en ciertos casos particulares de al menos 99 %.

Descripción del segundo desecho.

- 5 El segundo desecho contiene ventajosamente materia orgánica, en un contenido habitualmente igual a al menos 1 %, con preferencia al menos 2 %, de manera particularmente preferida al menos 5 %, y a veces al menos 40 %, al menos 60 % o al menos 75 %.

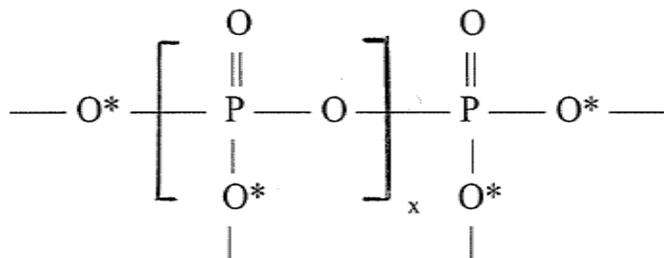
Si se presenta el caso, el segundo desecho contiene materia orgánica en un contenido habitualmente igual a como mucho el 95 %, con preferencia como mucho el 40 % y de manera particularmente preferida como mucho el 20 %.

- 10 El segundo desecho contiene habitualmente al menos una sal de al menos un metal distinto de un metal pesado, cuya sal comprende al menos un grupo mono- o poli- fosfato que responde a la fórmula general



en la que x es un número entero nulo o estrictamente positivo (pudiendo ser así x por ejemplo igual a 1, 2 o de 3 a 9) y en la que los (3 + x) átomos de oxígeno marcados con un asterisco (O*) están, independientemente unos de otros, unidos a un átomo de hidrógeno o a un átomo de un metal distinto de un metal pesado.

- 15 El segundo desecho contiene con preferencia al menos un fosfato cálcico que comprende al menos un grupo mono- o poli- fosfato que responde a la fórmula general



- 20 en la que x es un número entero nulo o estrictamente positivo y en la que los (3 + x) átomos de oxígeno marcados con un asterisco (O*) están, independientemente unos de otros, unidos a un átomo de hidrógeno o a un átomo de un metal distinto de un metal pesado, con la condición de que al menos uno de ellos esté unido a un átomo de calcio; a veces, varios átomos de metal están unidos a los átomos de oxígeno marcados con un asterisco (O*) y todos son átomos de calcio.

- 25 Con preferencia, el fosfato cálcico es o comprende una sal elegida entre el dihidrogenofosfato de calcio [Ca(H₂PO₄)₂], el fosfato « tricálcico TCP » [Ca₃(PO₄)₆], las whitlockitas [en particular, las whitlockitas que responden a la fórmula Ca₉(Mg,Fe)(PO₄)₆(HPO₄)] y las apatitas [en particular, las apatitas que responden a la fórmula Ca₁₀(PO₄)₆(OH,F,Cl,Br)₂ tal como la hidroxiapatita], las formas hidratadas de dichas sales, y sus mezclas.

- 30 De manera particularmente preferida, el fosfato cálcico es o comprende el monohidrogenofosfato de calcio anhidro (también denominado monetita) y/o un monohidrogenofosfato de calcio hidratado (en particular, la brushita (CaHPO₄·2H₂O)). Igualmente de manera particularmente preferida, el fosfato cálcico es o comprende una whitlockita que responde a la fórmula Ca₉(Mg,Fe)(PO₄)₆(HPO₄). Siempre de manera particularmente preferida, el fosfato cálcico es o comprende la hidroxiapatita.

- 35 El peso del al menos un fosfato cálcico contenido en el segundo desecho, expresado en equivalente de fósforo y con respecto al peso de materia seca del primer desecho, equivale ventajosamente al menos al 0,35 %, con preferencia al menos al 0,5 %, de manera particularmente preferida al menos al 0,7 %. Por otro lado, el peso del al menos un fosfato cálcico, expresado en equivalente de fósforo y con respecto al peso de materia seca del primer desecho, equivale ventajosamente como mucho al 5 %, con preferencia como mucho al 3 %, de manera particularmente preferida como mucho al 2 % y de manera muy particularmente preferida de 0,7 % a 2 %.

El tratamiento de fosfatación que se ha aplicado al segundo desecho es con preferencia un tratamiento con ácido fosfórico; se realiza por otro lado con preferencia en medio húmedo.

5 De manera ventajosa, el segundo desecho es un lodo de origen natural o artificial que se ha secado en caso de necesidad hasta alcanzar una sequedad de al menos 70 %. Igualmente de manera ventajosa, el segundo desecho está compuesto de sedimentos que proceden de la limpieza de un medio acuático, tal como un curso de agua o un depósito de agua estancada.

10 Con preferencia, el segundo desecho es un lodo que tiene una sequedad original inferior a 70 % (i) que se ha transformado en el estado de espuma al añadirle ácido fosfórico, (ii) que se ha hecho madurar de manera que la fosfatación se desarrolla en el seno de la espuma, y después (iii) que se ha secado hasta alcanzar una sequedad de al menos 70 %.

15 De manera particularmente preferida, se ha hecho madurar el lodo durante un tiempo t_1 suficiente para convertir más del 50 %, con preferencia más del 90 % y de manera particularmente preferida esencialmente el 100 % del ácido fosfórico en al menos un fosfato metálico. El al menos un fosfato metálico es o comprende ventajosamente un fosfato cálcico, en particular un fosfato cálcico como se ha descrito aquí anteriormente. El tiempo t_1 es ventajosamente al menos 5 minutos, con preferencia al menos 15 minutos, de manera particularmente preferida al menos 1 hora, y de manera muy particularmente preferida al menos 3 horas.

20 Igualmente de manera particularmente preferida, se ha hecho madurar el lodo durante un tiempo t_2 suficiente para dividir al menos por 2, con preferencia al menos por 4 y de manera particularmente preferida al menos por 6, el porcentaje en peso de los metales pesados lixiviables en el ácido acético 0,5 M que contiene dicho lodo, con respecto al porcentaje en peso de los metales pesados lixiviables en el ácido acético 0,5 M contenidos en el lodo antes de añadirle el ácido fosfórico.

Siempre de manera particularmente preferida, se ha hecho madurar el lodo durante un tiempo t_3 suficiente para que como mucho el 10 %, con preferencia como mucho el 7 % y de manera particularmente preferida como mucho el 5 %, en peso de los metales pesados contenidos en el segundo desecho sean lixiviables en el ácido acético 0,5 M.

25 El segundo desecho tiene ventajosamente una sequedad de al menos 85 %, con preferencia de al menos 90 % y, en ciertos casos particulares, es de al menos 99 %.

Modo particular de realización de la invención.

30 En un modo particular de realización de la invención, el procedimiento comprende además la etapa según la cual se produce el segundo desecho aplicando el tratamiento de fosfatación a un desecho que contiene metales pesados no inertizados.

La presente invención se refiere igualmente a la utilización de un desecho (denominado anteriormente el « segundo desecho ») que contiene metales pesados inertizados por un tratamiento de fosfatación, como agente de inertización de otro desecho que contiene metales pesados no inertizados (denominado anteriormente el « primer desecho »).

35 La presente invención se refiere igualmente a un método para formar una masa sólida que puede servir para la construcción de una carretera, para la fabricación de ladrillos o para la preparación de hormigón, según el cual se amasa el « tercer desecho » con agua, se añade eventualmente un aglutinante hidráulico y después se somete el conjunto que comprende el tercer desecho, el agua y el eventual aglutinante hidráulico a un fraguado y un endurecimiento, de manera que se forme una masa sólida.

40 Finalmente, la presente invención se refiere a un producto terminado, tal como una carretera, un ladrillo o un hormigón, que comprende la masa sólida formada por el método como se ha descrito en el párrafo precedente, o el procedimiento según la invención en su modo de realización en el que el tercer desecho sufre un post-tratamiento como se ha descrito anteriormente.

Otras precisiones sobre la presente invención.

Precisiones relativas a la naturaleza del primer desecho y del segundo desecho.

45 El primer desecho y el segundo desecho pueden ser, independientemente uno de otro:

- procedentes de la decantación de aguas usadas de origen industrial o urbano,
- procedentes de la descontaminación de suelos tales como los de ciertos sitios industriales;
- de los residuos de trituración de automóviles
- de las cenizas de incineración

50 → de los sedimentos que proceden de la limpieza de ríos, estanques, pozos o alcantarillado, y

→ de los sedimentos que proceden de la limpieza de vías navegables (p.ej. puertos, lagos, ríos, canales).

Una forma particular de limpieza es el dragado. El dragado debe ser comprendido como una operación de cierta envergadura realizada con herramientas pesadas (bomba aspirante, draga, etc.), la limpieza indica toda operación en medio acuático que implica la movilización de materiales, incluso de origen vegetal, por ejemplo en un canal o en el lecho minero o en el espacio de movilidad de una corriente de agua.

5

Se entienden por cenizas volantes las cenizas de combustión que son arrastradas por los humos de combustión.

Precisiones relativas a los metales pesados.

El contenido en metales pesados de un desecho se obtiene sumando los contenidos de cada uno de los metales pesados contenidos en el desecho.

10 Se entiende que se denomina metal pesado, a todo metal elegido entre los metales cuya masa específica es al menos igual a 5 g/cm³ (tales como el cadmio, el cromo, el cobre, el mercurio, el níquel, el plomo y el cinc), así como entre el berilio, el arsénico, el selenio y el antimonio.

15 **Contenido en As.** El primer desecho y el segundo desecho pueden contener, independientemente uno de otro, al menos 2 mg/kg, al menos 10 mg/kg o al menos 20 mg/kg de materia seca en As. Pueden contener como mucho 500 mg/kg en As.

Contenido en Cd. El primer desecho y el segundo desecho pueden contener, independientemente uno de otro, al menos 1 mg/kg, al menos 5 mg/kg o al menos 10 mg/kg de materia seca en Cd. Pueden contener como mucho 250 mg/kg en Cd.

20 **Contenido en Cr.** El primer desecho y el segundo desecho pueden contener, independientemente uno de otro, al menos 5 mg/kg, al menos 25 mg/kg o al menos 50 mg/kg de materia seca en Cr. Pueden contener como mucho 1000 mg/kg en Cr.

Contenido en Hg. El primer desecho y el segundo desecho pueden contener, independientemente uno de otro, al menos 0,1 mg/kg, al menos 0,5 mg/kg o al menos 1 mg/kg de materia seca en Hg. Pueden contener como mucho 25 mg/kg en Hg.

25 **Contenido en Cu.** El primer desecho y el segundo desecho pueden contener, independientemente uno de otro, al menos 5 mg/kg, al menos 25 mg/kg, al menos 100 mg/kg o al menos 250 mg/kg de materia seca en Cu. Pueden contener como mucho 1000 mg/kg en Cu o como mucho 10000 mg/kg en Cu.

30 **Contenido en Pb.** El primer desecho y el segundo desecho pueden contener, independientemente uno de otro, al menos 5 mg/kg, al menos 25 mg/kg, al menos 100 mg/kg o al menos 250 mg/kg de materia seca en Pb. Pueden contener como mucho 1000 mg/kg en Pb o como mucho 10000 mg/kg en Pb.

Contenido en Zn. El primer desecho y el segundo desecho pueden contener, independientemente uno de otro, al menos 5 mg/kg, al menos 50 mg/kg, al menos 200 mg/kg, al menos 500 mg/kg o al menos 1000 mg/kg de materia seca en Zn. Pueden contener como mucho 10000 mg/kg en Zn o como mucho 50000 mg/kg en Zn.

35 **Contenido en Ni.** El primer desecho y el segundo desecho pueden contener, independientemente uno de otro, al menos 5 mg/kg, al menos 15 mg/kg o al menos 30 mg/kg de materia seca en Ni. Pueden contener como mucho 500 mg/kg en Ni.

Los contenidos se miden ventajosamente por espectrometría de emisión óptica sobre plasma con acoplamiento inductivo (ICP – OES).

Precisiones relativas a la sequedad de los desechos.

40 La sequedad de una muestra de un desecho se determina calculando la relación entre los pesos de la muestra después y antes de una permanencia de 4 horas en una estufa mantenida a 100 °C.

Precisiones relativas a los lodos.

45 Se entiende con la denominación de lodo, toda sustancia acuosa que contiene materias sólidas en suspensión. Puede ser de origen natural o resultar de la adición de agua a una sustancia sólida pulverulenta, obtenida por ejemplo por trituración. Cuando el lodo es de origen natural, contiene de manera ventajosa limos, vasos y materias minerales en suspensión (arenas, incluso gravillas). Los lodos que proceden de la limpieza de las vías navegables o de suelos contaminados constituyen ejemplos de lodos naturales a los que se aplica la invención. Por otra parte, los lodos que resultan de la adición de agua a las cenizas de incineración o a los residuos de trituración de automóviles son ejemplos de lodos artificiales a los que se aplica la invención. La amplitud de la distribución granulométrica de las partículas en suspensión en el lodo puede ser muy importante, por ejemplo desde menos de 1 micra hasta varias centenas de micras, incluso varios milímetros. Los lodos contienen a menudo un contenido elevado de partículas

50

muy finas. Es frecuente que el 10 % del peso del lodo seco esté constituido por partículas que tienen un diámetro inferior a 5 micras, mientras que el contenido en partículas que tienen un diámetro superior a 500 micras puede alcanzar varios porcentajes. Por otra parte, los histogramas de granulometría de ciertos lodos tienen la particularidad de ser multimodales, es decir que presentan varios picos.

5 Precisiones relativas al tratamiento de fosfatación con el ácido fosfórico.

La cantidad de ácido fosfórico a utilizar depende de la composición precisa del desecho a tratar y especialmente del contenido en metales pesados. En la práctica, se utiliza una cantidad ponderal de al menos 1 % (con preferencia al menos 2 %) con respecto al peso de materia seca. Es preferible que la cantidad de ácido fosfórico sea inferior al 15 %. En general son muy adecuadas las cantidades comprendidas entre 2 y 6 %.

- 10 Es interesante utilizar ácido fosfórico fuertemente diluido en el cual se pone en solución una fuente económica de fosfato, tal como ciertos minerales fosfatados que contienen P_2O_5 o residuos de la calcinación de harinas animales, igualmente ricos en fosfatos. Por ejemplo, partiendo de un ácido cuya concentración corresponde a 20 ml de ácido fosfórico al 85 % diluido en 980 ml de agua y añadiéndole minerales fosfatados o harinas animales calcinadas, se obtiene de manera muy económica un ácido adecuado para el procedimiento según la invención. Se ha observado que la fosfatación del desecho permite obtener un desecho en el que los compuestos tóxicos presentes en el desecho están inertizados.

Para el tratamiento con el ácido fosfórico en cuestión, se deben evitar preferentemente las sequedades inferiores al 30 % o en ciertos casos al 40 %. Si la sequedad es superior al 70 %, es necesario en ciertos casos añadir agua para que se pueda realizar la fosfatación de manera óptima.

- 20 En una variante recomendada de este tratamiento, se efectúa un espumado del desecho, a continuación del cual éste se presenta bajo la forma de una espuma (se entiende por espuma, para un producto de partida dado, un estado de ese producto que tiene una densidad inferior a la del producto de partida). El espumado permite facilitar la manipulación posterior del desecho. En efecto, los autores de esta invención han observado que después de un período de almacenaje que varía típicamente de 2 a 7 días, con preferencia de 4 a 6 días, durante el cual el desecho, inicialmente en el estado de espuma, se deja en reposo a las temperaturas exteriores usuales (pero evitando la gelificación), su consistencia se aproxima a la de un cuerpo sólido que puede ser fácilmente manipulado por las máquinas de obras tales como excavadoras o niveladoras (bulldozers) aunque contenga todavía mucha agua (típicamente hasta un 40 % en peso). Las espumas de densidad débil parece que dan lugar a las mejores consistencias. La densidad de la espuma debe ser habitualmente inferior al 95 % de la del desecho antes del tratamiento. Son ventajosos los valores inferiores al 90 %, con preferencia inferiores al 85 %, más preferiblemente al 80 % . Se prefiere que la densidad no descienda por debajo del 30 %. Son particularmente adecuados los valores entre 60 y 75 %.

- El espumado del desecho se puede llevar a cabo por cualquier técnica conocida de espumado adaptada al desecho a tratar. En general, la fosfatación del desecho por medio de ácido fosfórico provoca un desprendimiento gaseoso suficiente para obtener el espumado. Si es insuficiente, el espumado se puede obtener especialmente por vía química por la adición de reactivos que provocan in situ un desprendimiento gaseoso. Se utiliza en un modo de ejecución preferido la reacción de un ácido tal como el ácido clorhídrico, sulfúrico o fosfórico, por ejemplo con un carbonato para obtener el desprendimiento gaseoso. Se ha observado que un desprendimiento gaseoso de H_2S durante la fosfatación mejora el espumado de los lodos. La adición o la presencia de tensioactivos, que estabilizan la espuma es igualmente favorable. A este respecto, se ha observado que ciertos ácidos húmicos presentes en los lodos procedentes de la limpieza de vías navegables tienen un efecto favorable sobre el espumado, probablemente debido a su carácter tensioactivo. En función del desecho tratado será conveniente sin embargo añadir eventualmente ciertos tensioactivos para obtener una espuma que tenga una densidad según la invención. La selección del tensioactivo más apropiado y de la cantidad a utilizar se hará caso por caso, de manera conocida por sí misma. Por otra parte, se prefiere que el desecho sea sometido a una agitación mecánica, para facilitar el espumado. La intensidad de la agitación se elige en función de las condiciones particulares de utilización del procedimiento según la invención. Es ventajoso que la agitación mecánica no sea demasiado intensa. El recurso a tornillos mezcladores se debe evitar en general porque impiden muy frecuentemente la formación de la espuma. Se recomienda la utilización de reactores tubulares, que son segmentos de tubos provistos o no de mezcladores estáticos. Se les dimensionará ventajosamente de manera que se obtenga un tiempo de permanencia comprendido entre 2 y 10 segundos. En cada caso, la agitación mecánica se regula de manera que favorezca el espumado según la invención. En ciertos casos, es preferible que el reactivo que provoca el espumado sea adicionado al desecho antes de su paso a través de una bomba, la cual provocará la agitación mecánica buscada. El recurso a mezcladores estáticos puede ser igualmente ventajoso para obtener la intensidad de agitación mecánica óptima.

- 55 La etapa de espumado comprende ventajosamente un período de maduración. En efecto, la reacción del desecho con el ácido fosfórico y/o con cualquier otro reactivo requiere cierto tiempo. Se recomienda que la duración del período de maduración sea suficiente para que el 80 %, con preferencia el 90 %, más preferiblemente el 95 % de los reactivos utilizados hayan reaccionado. En general es adecuado un período de 2 días, con preferencia de 3 días.

Según una variante ventajosa, el procedimiento comprende una etapa de espumado y la espuma obtenida, que ha

5 sido sometida ventajosamente a una maduración, se seca. En el texto que sigue de esta descripción, se designa por « lodo seco » el producto obtenido a partir del secado de la espuma. Este producto no está ya necesariamente en el estado de espuma, pues la espuma tiene tendencia a densificarse a lo largo de su secado. La espuma se somete con preferencia a un tratamiento idéntico al de los abonos orgánicos (compost). El compostaje es una técnica de tratamiento bien conocida de los desechos fermentables (susceptibles de fermentación) tales como los desechos verdes. Consiste esencialmente en almacenar el desecho durante un largo período en contacto con el aire, a temperatura ambiente exterior, para permitir la degradación de las materias orgánicas contenidas en el desecho y la eliminación por percolación del líquido que contiene. La utilización, según este modo de realización de la invención, de técnicas similares al compostaje para secar los lodos espumados que contienen materias orgánicas – incluso aunque no sean fermentables- y metales pesados, permite alcanzar de manera sorprendente sequedades importantes de manera muy económica. El consumo de energía durante la calcinación posterior eventual de la espuma se reduce de este modo. El secado de la espuma por técnicas similares al compostaje permite también suprimir la etapa de calcinación cuando la degradación de las materias orgánicas que se obtiene es suficiente.

10 A lo largo del secado, el desecho se deposita ventajosamente durante un período suficientemente largo para que el agua se pueda evacuar espontáneamente, por la acción de la gravedad. A menudo es necesario un período de secado superior a 24 horas. Se prefiere que el secado dure al menos 48 horas. Un secado durante más de un mes parece inútil. En la práctica, son adecuadas duraciones de secado comprendidas entre una y dos semanas.

15 Como se ha expuesto antes, cuando el desecho se presenta bajo la forma de una espuma, el secado es más fácil y más eficaz. En efecto, la mejor consistencia de la espuma seca permite su manipulación en masa por las máquinas de obras corrientes y especialmente permite darle la vuelta durante el compostaje. Esto permite alcanzar más rápidamente las sequedades deseadas.

20 Según una variante recomendada de este modo de realización, el secado se realiza en condiciones tales que después de 12 días de secado, la espuma seca alcanza una sequedad que pasa del 65 %, con preferencia 70 %.

25 El secado se puede realizar directamente sobre el suelo. Sin embargo, en un modo ventajoso de ejecución del procedimiento según la invención, se dispone la espuma sobre una capa de arena.

En este modo de ejecución, se prefiere que la capa de arena esté ella misma colocada sobre una membrana impermeable al agua, con el fin de evitar la contaminación del suelo por los metales pesados y de permitir la recuperación del agua procedente del lodo fosfatado durante el compostaje. Son adecuadas las membranas de materia plástica, por ejemplo de polietileno o de PVC.

30 El secado se puede hacer al aire libre, al exterior, sin protegerse contra la acción de la lluvia y las variaciones totales de temperatura, a condición de que ésta permanezca superior a 0 °C. Es preferible sin embargo utilizar un sistema de secado confinado, tal como un túnel de compostaje. Estos túneles de compostaje son bien conocidos en el campo del tratamiento industrial de desechos orgánicos susceptibles de fermentación. El túnel de compostaje está ventajosamente equipado con sistemas de circulación de aire y sistemas de recogida y tratamiento de los gases emitidos, tales como el sulfuro de hidrógeno. El sulfuro de hidrógeno con preferencia se recupera y se trata por ejemplo sobre un biofiltro o se reinyecta durante una eventual calcinación. Se prefiere que el túnel de compostaje comprenda una capa de arena dispuesta sobre una membrana impermeable al agua.

35 **Precisiones relativas a la calcinación.**

40 La calcinación se destina a destruir la materia orgánica contenida en el primer desecho y/o en el segundo desecho. La materia orgánica puede comprender por ejemplo hidrocarburos apolares, hidrocarburos alifáticos o aromáticos (mono- o policíclicos) y disolventes halogenados. La calcinación se realiza en general a una temperatura superior a 450 °C, a fin de que la materia orgánica sea suficientemente destruida. Conviene evitar una temperatura excesiva, que tendría por resultado vaporizar una parte de los metales pesados. En la práctica, la temperatura de calcinación es inferior a 1000 °C. Con preferencia, la temperatura de calcinación es superior a 500 °C e inferior a 800 °C. Con el fin de destruir particularmente bien la materia orgánica y volatilizar lo menos posible de los metales pesados, es especialmente ventajoso que la temperatura de calcinación esté comprendida entre 550 °C y 750 °C.

Se ha observado, que la calcinación se efectúa de manera ventajosa, bajo atmósfera controlada.

45 A este efecto, en una forma de realización particular del procedimiento según la invención, esta atmósfera es oxidante. Esta variante facilita el fraguado del mortero eventual subsiguiente, tal como se describe más adelante. En este caso, se puede utilizar por ejemplo el aire ambiente. Es preciso entonces vigilar con el fin de que el aire esté disponible suficientemente en el horno.

En otra forma de realización particular, la atmósfera es reductora. Esta forma de realización es especialmente ventajosa porque inhibe la formación del cromo VI.

55 La duración de la calcinación depende de la composición del desecho a tratar y de la disposición de la materia en el horno de calcinación. Debe ser igualmente suficiente para destruir la materia orgánica.

Precisiones relativas al post-tratamiento del tercer desecho.

- 5 El producto procedente de la etapa de calcinación se puede amasar con agua y someter después a un fraguado y un endurecimiento. En este modo de realización, se incorpora con preferencia al agua de amasado un aditivo reductor. A título de ejemplo, este aditivo se puede seleccionar entre el hierro, el manganeso, los compuestos de hierro (II), los compuestos de manganeso (II) y las sales reductoras de los metales alcalinos. Se prefiere el sulfito de sodio. El agente reductor se adiciona ventajosamente en una cantidad ponderal comprendida entre 0,1 y 1 % del peso de materias secas contenidas en el lodo.
- 10 Durante la etapa de calcinación, ciertos lodos, en particular los que son ricos en calcita, dan lugar a la formación de materiales puzolánicos. En este caso, no es necesario añadir un aglutinante hidráulico para provocar el fraguado y el endurecimiento.
- 15 Cuando es necesario un aglutinante hidráulico para asegurar el fraguado y el endurecimiento, su constitución precisa es poco crítica. Está comúnmente constituido por cemento Portland. Los materiales puzolánicos tales como las cenizas de combustión de carbón pueden ser igualmente convenientes. Es preciso añadir, durante la mezcla del aglutinante hidráulico con el producto de la calcinación destinado a formar un mortero, una cantidad de agua de amasado suficiente para obtener una pasta plástica. La cantidad de aglutinante hidráulico a utilizar depende de diversos parámetros, en particular del aglutinante hidráulico seleccionado, de la composición del lodo y de las propiedades buscadas para el producto final del procedimiento de tratamiento según la invención, especialmente su resistencia mecánica. En la práctica, se recomienda a menudo utilizar una cantidad ponderal de aglutinante superior al 1 % del peso de las cenizas de calcinación. Según la invención, es deseable que el peso del aglutinante hidráulico sea inferior al 50 % y que no exceda con preferencia del 30 %.
- 20 En una variante ventajosa del procedimiento según la invención, se utiliza una cantidad ponderal de aglutinante hidráulico superior al 2 % e inferior al 20 % del producto de la calcinación.
- 25 La forma de la masa sólida obtenida a partir del endurecimiento, que puede durar varios días, es aquella sobre la que se ha conformado el mortero. Puede comprender por ejemplo ladrillos o bloques esféricos o prismáticos. Ella es compacta, sensiblemente exenta de inclusiones gaseosas y presenta por ello buenas propiedades mecánicas, especialmente una dureza y una resistencia a los choques suficientes para permitir su manipulación y su almacenaje sin dificultades.
- 30 La masa sólida y compacta obtenida a partir del endurecimiento cumple ventajosamente las normas de toxicidad sobre los lixiviados extraídos según procedimientos exigentes tales como los definidos por las normas « TL » o « NEN ».
- 35 El ensayo francés de triple lixiviación « TL » está descrito en la norma francesa XPX 31 – 210. El protocolo del ensayo consiste en triturar la materia de manera que pueda pasar a través de un tamiz de 4 mm. Esta materia triturada se somete a una triple lixiviación con agua desmineralizada, en una proporción líquido/sólido igual a 10, con agitación constante. Al final de cada lixiviación se mide el contenido de metales pesados en el líquido.
- 40 El ensayo neerlandés « NEN » consiste, por su parte, en triturar finamente la muestra (menos de 4 mm) y añadirle agua en una proporción agua:sólido de 10. Se mantiene entonces tres horas a pH 7, y después igualmente tres horas a pH 4 (que es el pH mínimo del agua de lluvia). El ajuste del pH se hace en forma continua con ayuda de una solución 1N de ácido nítrico (ácido no complejante). El contenido de metales pesados en la fase líquida se determina entonces por análisis.
- Según el ensayo americano TCLP (Toxicity Characteristic Leaching Procedure), se toman 100 g de materia sólida, pasada por tamiz de 9,5 mm y se pone la muestra en contacto durante 18 horas con 2000 ml de solución con 5,7 g/l de CH₃COOH.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Procedimiento para tratar un primer desecho que contiene metales pesados no inertizados, caracterizado por que se forma una mezcla que comprende el primer desecho y un segundo desecho que contiene metales pesados inertizados por un tratamiento de fosfatación, de manera que se produce un tercer desecho que contiene metales pesados inertizados.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que :
- más del 10 % en peso, eventualmente más del 15 % o más del 20 % en peso, de los metales pesados contenidos en el primer desecho son lixiviables en el ácido acético 0,5 M;
 - 10 - como mucho el 10 % en peso de los metales pesados contenidos en el segundo desecho son lixiviables en el ácido acético 0,5 M;
 - como mucho el 10 % en peso de los metales pesados contenidos en el tercer desecho son lixiviables en el ácido acético 0,5 M.
- 15 3. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que la fracción ponderal lixiviable de los metales pesados contenidos en el segundo desecho es al menos 2 veces inferior, con preferencia al menos 4 veces inferior a la fracción ponderal lixiviable de los metales pesados contenidos en el primer desecho.
- 20 4. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que la fracción ponderal lixiviable de los metales pesados contenidos en el tercer desecho equivale como mucho a la fracción ponderal lixiviable de los metales pesados contenidos en el segundo desecho, y de manera preferida equivale como mucho a la mitad.
5. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que la cantidad ponderal del primer desecho equivale al menos al 10 %, con preferencia al menos al 20 % y de manera particularmente preferida al menos al 40 % de la cantidad ponderal del segundo desecho.
- 25 6. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que la cantidad ponderal del primer desecho equivale como mucho al 200 %, con preferencia como mucho al 100 % y de manera particularmente preferida como mucho al 60 % de la cantidad ponderal del segundo desecho.
7. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que se forma una pasta acuosa que comprende el primer desecho y el segundo desecho, se hace espumar la pasta, se deja madurar la pasta durante al menos 12 horas y después se seca hasta alcanzar una sequedad de al menos 70 %.
- 30 8. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que se calcinan conjuntamente el primer desecho y el segundo desecho en un horno de calcinación, y al menos un producto de la co-calcinación elegido entre las escorias y las cenizas volantes forma el tercer desecho que contiene metales pesados inertizados.
- 35 9. Procedimiento según la reivindicación 8, caracterizado por que el primer desecho y el segundo desecho constituyen conjuntamente en el horno de calcinación un auto-combustible capaz de ser calcinado en ausencia de un tercer combustible que tenga un poder calorífico inferior más elevado que el del conjunto constituido por el primer desecho y el segundo desecho.
10. Procedimiento según la reivindicación 8 o 9, caracterizado por que la co-calcinación se realiza a una temperatura o en un intervalo de temperatura entre 450 °C y 1000 °C.
- 40 11. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 8 a 10, caracterizado por que la co-calcinación se realiza en atmósfera oxidante, utilizando el aire ambiente como comburente.
- 45 12. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 8 a 11, caracterizado por que se amasa el tercer desecho con agua, se añade eventualmente un aglutinante hidráulico y después se somete el conjunto que comprende el tercer desecho, el agua y el eventual aglutinante hidráulico a un fraguado y un endurecimiento, de manera que se forme una masa sólida
13. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que el primer desecho contiene materia orgánica, en un contenido habitualmente igual a al menos 5 %, con preferencia al menos 10 %, de manera particularmente preferida al menos 20 %, de manera muy particularmente preferida al menos 40 %, de manera todavía más preferida al menos 60 %, y de la manera más preferida al menos 75 %.
- 50 14. Procedimiento según la reivindicación 13, caracterizado por que el primer desecho contiene materia orgánica en un contenido igual a como mucho 95 %, a menudo como mucho 90 %.

15. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que el primer desecho contiene al menos una sal cálcica.

5 16. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que el primer desecho es un lodo de origen natural que se ha secado en caso de necesidad hasta alcanzar una sequedad de al menos 70 %, o un desecho en forma sólida.

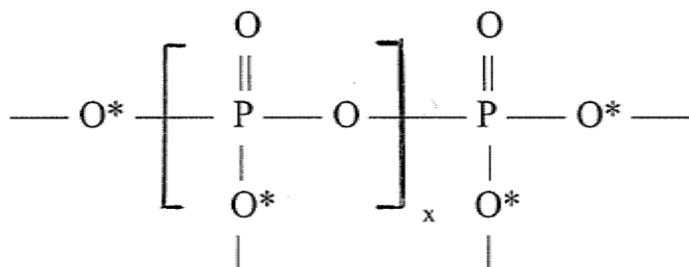
17. Procedimiento según la reivindicación 16, caracterizado por que el primer desecho es un lodo de estación de depuración que se ha secado hasta alcanzar una sequedad de al menos 80 %, con preferencia al menos 85 %.

10 18. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que el primer desecho tiene una sequedad de al menos 85 %, con preferencia de al menos 90 %, y en ciertos casos particulares de al menos 99 %.

19. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que el segundo desecho contiene materia orgánica, en un contenido habitualmente igual a al menos 1 %, con preferencia al menos 2 %, de manera particularmente preferida al menos 5 %, y a veces al menos 40 %, al menos 60 % o al menos 75 %.

15 20. Procedimiento según la reivindicación 19, caracterizado por que el segundo desecho contiene materia orgánica en un contenido igual a como mucho el 95 %, con preferencia a como mucho el 40 % y de manera particularmente preferida a como mucho el 20 %.

21. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que el segundo desecho contiene al menos un fosfato cálcico que comprende al menos un grupo mono- o poli- fosfato que responde a la fórmula general



20 en la que x es un número entero nulo o estrictamente positivo y en la que los (3 + x) átomos de oxígeno marcados con un asterisco (O*) están, independientemente unos de otros, unidos a un átomo de hidrógeno o a un átomo de un metal distinto de un metal pesado con la condición de que al menos uno de ellos esté unido a un átomo de calcio.

25 22. Procedimiento según la reivindicación 21, caracterizado por que el fosfato cálcico es o comprende una sal elegida entre el dihidrogenofosfato de calcio $[\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2]$, el fosfato « tricálcico TCP » $[\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_6]$, las whitlockitas [en particular, las whitlockitas que responden a la fórmula $\text{Ca}_9(\text{Mg,Fe})(\text{PO}_4)_6(\text{HPO}_4)$] y las apatitas [en particular, las apatitas que responden a la fórmula $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH,F,Cl,Br})_2$ tal como la hidroxiapatita], las formas hidratadas de dichas sales, y sus mezclas.

30 23. Procedimiento según la reivindicación 21 o 22, caracterizado por que el fosfato cálcico es o comprende el monohidrogenofosfato de calcio anhidro (también denominado monetita) y/o un monohidrogenofosfato de calcio hidratado (en particular, la brushita $(\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O})$).

24. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 21 a 23, caracterizado por que el fosfato cálcico es o comprende una whitlockita que responde a la fórmula $\text{Ca}_9(\text{Mg,Fe})(\text{PO}_4)_6(\text{HPO}_4)$.

35 25. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 21 a 24, caracterizado por que el fosfato cálcico es o comprende la hidroxiapatita.

26. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 21 a 25, caracterizado por que el peso del al menos un fosfato cálcico contenido en el segundo desecho, expresado en equivalente de fósforo y con respecto al peso de materia seca del primer desecho, equivale al menos al 0,35 %, con preferencia al menos al 0,5 %, de manera particularmente preferida al menos al 0,7 %.

40 27. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 21 a 26, caracterizado por que el peso del al menos un fosfato cálcico, expresado en equivalente de fósforo y con respecto al peso de materia seca del primer desecho, equivale como mucho al 5 %, con preferencia como mucho al 3 %, de manera particularmente preferida como mucho al 2 % y de manera muy particularmente preferida de 0,7 % a 2 %.

45 28. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que el tratamiento de fosfatación que se ha aplicado al segundo desecho es un tratamiento con el ácido fosfórico, realizado con

preferencia en medio húmedo.

29. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que el segundo desecho es un lodo de origen natural o artificial que se ha secado en caso de necesidad hasta alcanzar una sequedad de al menos 70 %.
- 5 30. Procedimiento según la reivindicación 29, caracterizado por que el segundo desecho está compuesto de sedimentos que proceden de la limpieza de un medio acuático, tal como un curso de agua o un depósito de agua estancada.
- 10 31. Procedimiento según la reivindicación 29 o 30, caracterizado por que el lodo es un lodo que tiene una sequedad original inferior a 70 % (i) que se ha transformado en el estado de espuma al añadirle ácido fosfórico, (ii) que se ha hecho madurar de manera que la fosfatación se desarrolla en el seno de la espuma, y después (iii) que se ha secado hasta alcanzar una sequedad de al menos 70 %.
- 15 32. Procedimiento según la reivindicación 31, caracterizado por que se ha hecho madurar el lodo durante un tiempo suficiente t_1 para convertir más del 50 %, con preferencia más del 90 % y de manera particularmente preferida esencialmente el 100 % del ácido fosfórico en al menos un fosfato metálico.
- 20 33. Procedimiento según la reivindicación 32, caracterizado por que el al menos un fosfato metálico es o comprende un fosfato cálcico, en particular un fosfato cálcico como se describe en una cualquiera de las reivindicaciones 21 a 25.
- 25 34. Procedimiento según la reivindicación 32 o 33, caracterizado por que el tiempo t_1 que es al menos 5 minutos, con preferencia al menos 15 minutos, de manera particularmente preferida al menos 1 hora, y de manera muy particularmente preferida al menos 3 horas.
- 30 35. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 31 a 34, caracterizado por que se ha hecho madurar el lodo durante un tiempo t_2 suficiente para dividir al menos por 2, con preferencia al menos por 4 y de manera particularmente preferida al menos por 6, el porcentaje en peso de los metales pesados lixiviables en el ácido acético 0,5 M que contiene dicho lodo, con respecto al porcentaje en peso de los metales pesados lixiviables en el ácido acético 0,5 M contenidos en el lodo antes de añadirle el ácido fosfórico.
- 35 36. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 31 a 35, caracterizado por que se ha hecho madurar el lodo durante un tiempo t_3 suficiente para que como mucho el 10 %, con preferencia como mucho el 7 % y de manera particularmente preferida como mucho el 5 %, en peso de los metales pesados contenidos en el segundo desecho sean lixiviables en el ácido acético 0,5 M.
- 40 37. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que el segundo desecho tiene una sequedad de al menos 85 %, con preferencia de al menos 90 %, y en ciertos casos particulares de al menos 99 %.
- 35 38. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que comprende además la etapa según la cual se produce el segundo desecho aplicando el tratamiento de fosfatación a un desecho que contiene metales pesados no inertizados.
- 40 39. Utilización de un desecho (denominado el « segundo desecho ») que contiene metales pesados inertizados por un tratamiento de fosfatación como agente de inertización, en particular como agente de fosfatación, de otro desecho que contiene metales pesados no inertizados (denominado el « primer desecho »).
- 45 40. Método para formar una masa sólida que puede servir para la construcción de una carretera, para la fabricación de ladrillos o para la preparación de hormigón, según el cual se amasa con agua el desecho producido por el procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 38 excepto la 12 (el « tercer desecho »), se añade eventualmente un aglutinante hidráulico y después se somete el conjunto que comprende el tercer desecho, el agua y el eventual aglutinante hidráulico a un fraguado y un endurecimiento, de manera que se forme la masa sólida
- 45 41. Producto terminado, tal como una carretera, un ladrillo o un hormigón, que comprende la masa sólida formada por el procedimiento según la reivindicación 12 o por el método según la reivindicación 40.