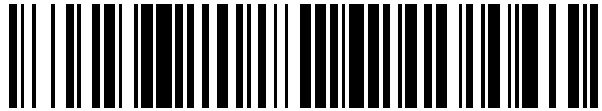


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 809 483**

51 Int. Cl.:

**F23J 1/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **02.03.2012 PCT/EP2012/000935**

87 Fecha y número de publicación internacional: **13.09.2012 WO12119737**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.03.2012 E 12708245 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.05.2020 EP 2668446**

54 Título: **Procesamiento de cenizas de incineración de residuos**

30 Prioridad:

**04.03.2011 DE 102011013033**

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

**04.03.2021**

73 Titular/es:

**MDSU MITTELDEUTSCHE SCHLACKEN UNION  
GMBH & CO. KG (100.0%)  
Grabower Landstraße 81  
39288 Burg**

72 Inventor/es:

**EVERS, FRIEDRICH-WILHELM;  
BECKMANN, ALEXANDRA y  
KLINKHAMMER, MANFRED**

74 Agente/Representante:

**VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro**

**ES 2 809 483 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

Procesamiento de cenizas de incineración de residuos

5 La invención se refiere a un procedimiento para el procesamiento de cenizas de incineración de residuos, especialmente de cenizas de incineración de residuos domésticos (CIRD). Las cenizas originadas en la incineración de residuos, especialmente de residuos domésticos y residuos industriales, denominadas antiguamente también como escoria, no pueden ser eliminadas o reutilizadas sin más, ya que las cenizas contienen contaminantes y, por tanto, a causa de las disposiciones legales pertinentes requieren un manejo especial. Por lo tanto, los explotadores de instalaciones de incineración de residuos actualmente suelen proceder de tal forma que la totalidad de las cenizas originadas se deposita en vertederos, lo que sin embargo conlleva unos costes relativamente altos, o se reciclan cumpliendo elevadas condiciones, por ejemplo, como material de construcción de baja clasificación. Un procedimiento conocido así como una instalación para el procesamiento de cenizas de incineración de residuos se describen en la publicación de información de solicitud de patente DE19508488A1.

15 Por lo tanto, la invención tiene el objetivo de proporcionar una posibilidad de aprovechar económicamente al menos una parte de las cenizas de incineración de residuos.

20 Este objetivo se consigue mediante las características de la reivindicación 1 y, en particular, mediante un procedimiento para el procesamiento de cenizas de incineración de residuos, especialmente de cenizas de incineración de residuos domésticos (CIRD), en el que un procedimiento para la clasificación de las cenizas y un procedimiento para la recuperación de fosfatos a partir de las cenizas se combinan entre sí. Las cenizas se someten a una clasificación en húmedo, para lo que se mezclan con un líquido. Para la redisolución de los fosfatos, las cenizas se tratan con una solución acuosa ácida y, a continuación, se aíslan los fosfatos contenidos en la solución. Según la invención, está previsto que el líquido con el que se mezclan las cenizas en el marco de la clasificación en húmedo es la solución acuosa ácida con la que se tratan las cenizas para la redisolución de los fosfatos.

30 Se encontró que una clasificación en húmedo de cenizas de incineración de residuos brinda la posibilidad de separar las cenizas en una parte cargada con contaminantes y una parte baja en contaminantes o exenta de contaminantes, siendo la parte baja en contaminantes o exenta de contaminantes tan grande – con respecto al peso en seco de las cenizas que forman el producto de partida - que es posible un procesamiento de cenizas conveniente económicamente, mediante la clasificación en húmedo con el reciclado subsiguiente de la parte baja en contaminantes o exenta de contaminantes, por ejemplo en la construcción de carreteras, incluso sin recuperación adicional de fosfatos.

35 La combinación del procedimiento según la invención resulta especialmente ventajosa porque la recuperación de fosfatos aprovecha la circunstancia de que durante la clasificación en húmedo se produce de por sí una acción conjunta de las cenizas con un líquido.

40 Los inventores encontraron que el mezclado de las cenizas con un líquido, que se realiza durante la clasificación en húmedo, puede constituir al mismo tiempo un paso de procedimiento en el que las cenizas se tratan con una solución acuosa ácida, lo que permite disolver los fosfatos contenidos en las cenizas. Además, se encontró que en cuanto a la clasificación en húmedo, el uso de un ambiente ácido no es crítico, ni bajo el aspecto técnico ni bajo el aspecto económico. Una concepción resistente a los ácidos de los equipos empleados para la clasificación en húmedo por ejemplo es posible con un gasto aceptable.

50 Un balance de costes/beneficios simplificado del procedimiento combinado según la invención por lo tanto consiste en principio en que los costes por el levantamiento y el funcionamiento de una instalación adecuada para el procedimiento según la invención así como por el tratamiento apropiado, especialmente el depósito en vertederos, de la parte de cenizas residual cargada con contaminantes han de ponerse en relación con los beneficios por el reciclado de la parte de cenizas baja en contaminantes o exenta de contaminantes y el reciclado del fosfato obtenido. Además, hay que tener en consideración que los explotadores de instalaciones de incineración de residuos están dispuestos a pagar por la retirada de las cenizas originadas durante la incineración de residuos, para no tener que realizar ellos mismos la manipulación complicada. Por lo tanto, para un explotador del procedimiento según la invención, hasta la adquisición de las cenizas que han de ser procesadas trae ingresos.

Es por tanto la invención la que de esta manera posibilita por primera vez un procesamiento de cenizas de incineración de residuos que no solo es viable técnicamente, sino que también es interesante económicamente.

60 Formas de realización preferibles de la invención se indican también en las reivindicaciones dependientes, la descripción y el dibujo.

65 Preferentemente, para la clasificación en húmedo de las cenizas se usa un circuito de líquido sustancialmente cerrado, del que para el aislamiento de los fosfatos se extrae, especialmente de forma temporal, al menos una parte de la solución acuosa ácida. Especialmente, la extracción se efectúa estando en marcha o suspendida la clasificación en húmedo. Por lo tanto, es posible o un funcionamiento en paralelo prácticamente permanente o un

funcionamiento alterno en el sentido de que la clasificación en húmedo está suspendida temporalmente y se extrae la solución total con el fin del aislamiento de los fosfatos.

5 La extracción de la solución para el aislamiento de los fosfatos básicamente puede realizarse de forma continua, siendo posible alternativamente también efectuar la extracción solo en momentos predeterminados.

Especialmente, el aislamiento de los fosfatos se comienza en función del valor pH de la solución acuosa ácida.

10 Preferentemente, el aislamiento de los fosfatos se efectúa en un equipo que está separado de un equipo para el tratamiento de las cenizas con la solución y al que se puede suministrar la solución conforme a una extracción controlable o regulable. La extracción se efectúa especialmente en función del valor pH de la solución.

15 Según un ejemplo de realización de la invención, para la elaboración de la solución acuosa ácida se pone a disposición agua, suministrándose al agua un ácido. Para ello, se usa especialmente ácido cítrico o ácido sulfúrico, ya que estos pueden obtenerse de forma relativamente económica, pudiendo usarse alternativamente por ejemplo también ácido sulfúrico.

20 El aislamiento de los fosfatos se efectúa especialmente mediante reprecipitación. Los procedimientos y equipos que han de emplearse para ello son conocidos básicamente, por lo que no se describirán en detalle.

25 La recuperación de los fosfatos se fomenta mediante temperaturas más elevadas de la solución acuosa ácida, sin que ello perjudique la clasificación en húmedo. Teniendo en consideración el aporte de energía necesario para el calentamiento de la solución acuosa ácida, se encontró que un funcionamiento rentable es posible ya a partir de temperaturas de la solución acuosa ácida dentro del intervalo de 20 a 40 °C. Para una instalación adecuada para la realización del procedimiento según la invención, por consiguiente, la temperatura de la solución acuosa ácida puede elegirse de tal forma que la instalación en su conjunto pueda hacerse funcionar en un rango óptimamente rentable.

30 Según un ejemplo de realización preferible de la invención, las cenizas se clasifican durante la clasificación en húmedo, aplicando procedimientos de clasificación cuidadosos con los granos, en al menos una fracción fina cargada con contaminantes y al menos una fracción gruesa baja en contaminantes o exenta de contaminantes. Especialmente, está previsto que las cenizas se clasifican exclusivamente mediante clasificación en húmedo y/o que las cenizas se clasifican en su totalidad en al menos una parte cargada con contaminantes y al menos una parte baja en contaminantes o exenta de contaminantes.

35 Esta forma de realización está basada en el conocimiento de que en el procesamiento de cenizas de incineración de residuos, la concentración de contaminantes relevantes, contenidos en las cenizas, en una fracción fina, es decir, en una o varias partes con un tamaño de granos máximo relativamente pequeño, puede ser interesante económicamente, si se consigue mantener lo más reducida posible la parte de esta fracción fina en el material de partida, es decir, en las cenizas sometidas al procesamiento.

40 Los inventores han encontrado que esta condición se puede cumplir si durante el procesamiento de las cenizas se procura evitar en la medida de lo posible que se desmenucen las partículas que forman las cenizas, ya que un desmenuzamiento de las cenizas produce superficies adicionales a las que se pueden ligar contaminantes con la consecuencia de que aumenta la parte cargada con contaminantes, en concreto, de tal manera que resulta demasiado grande la parte de las cenizas que no puede ser reutilizada creando beneficios, sino que más bien debe ser depositada en vertederos de forma costosa.

45 Esta forma de realización no consigue el objetivo por el hecho de modificar la clasificación en seco, sino más bien por el hecho de que las cenizas de incineración de residuos se someten a una clasificación en húmedo conocida básicamente de por sí. Los inventores han detectado que se puede aprovechar la circunstancia de que precisamente una clasificación en húmedo posibilita la aplicación de procedimientos de clasificación especialmente cuidadosos con los granos. Por procedimientos de clasificación cuidadosos con los granos, el experto entiende aquellos métodos con los que las partículas que han de ser clasificadas no se desmenuzan o se destruyen y en los que especialmente no se produce tampoco polvo, de manera que se mantiene prácticamente inalterada la distribución de tamaños de granos del material de entrada en comparación con la del material de partida en total, es decir, de todas las fracciones juntas, originadas durante la clasificación.

50 Esta idea se someter cenizas de incineración de residuos a una clasificación en húmedo, porque precisamente una clasificación en húmedo posibilita un tratamiento de las cenizas especialmente cuidadoso con los granos, y de concebir esta clasificación en húmedo además de tal manera que una parte de las cenizas que comprende una o varias fracciones finas tenga una distribución de tamaños de granos con un límite superior de tal tipo que dicha parte de cenizas contenga por una parte a ser posible todos los contaminantes relevantes y que por otra parte sea lo más pequeña posible, hace posible que sea solo una parte relativamente pequeña de las cenizas la que no pueda ser reciclada sin más a causa de su carga de contaminantes, mientras que una parte de las cenizas baja en contaminantes o exenta de contaminantes, que en comparación es grande, puede someterse a un reciclado.

De este modo se proporciona una posibilidad para el procesamiento de cenizas de incineración de residuos, con la que de conformidad incluso con disposiciones legales severas, una parte significativa de las cenizas puede someterse a un reciclado económicamente interesante.

Preferentemente, la clasificación en húmedo se realiza de tal forma que en la fracción fina el límite inferior del tamaño de granos ascienda a 0  $\mu\text{m}$  y que el límite superior del tamaño de granos se sitúe aproximadamente en el intervalo de 50 a 500  $\mu\text{m}$ , especialmente aproximadamente en el intervalo de 200 a 300  $\mu\text{m}$ , ascendiendo preferentemente a aproximadamente 250  $\mu\text{m}$ .

Preferentemente, antes de la clasificación en húmedo, especialmente antes de la introducción de una instalación de procesamiento, las cenizas se someten a un tratamiento previo mecánico, especialmente en seco, en el que de las cenizas se eliminan partes metálicas y sustancias perturbadoras no quemadas. Las cenizas pueden estar húmedas. Sin embargo, un tratamiento previo de este tipo no es obligatorio para el procedimiento según la invención. No obstante, se encontró que el procedimiento según la invención puede realizarse de manera especialmente ventajosa, si las cenizas introducidas en la instalación de procesamiento presentan una determinada distribución de tamaños de granos. Preferentemente, a este respecto está previsto que las cenizas procedentes de una instalación de incineración de residuos se trata previamente de tal forma que a la clasificación en húmedo, especialmente en una instalación de procesamiento, se someten cenizas con una distribución de tamaños de granos, cuyo límite superior no es superior a 100  $\mu\text{m}$ , situándose el límite superior especialmente en el intervalo de 40 a 50  $\mu\text{m}$ , ascendiendo preferentemente a aproximadamente 45  $\mu\text{m}$ . Como se menciona en otro punto, especialmente con vistas a una clasificación óptica de metales con el fin de la separación de los metales resulta ventajoso, siendo por tanto una forma de realización preferible de la invención, si la separación no se efectúa en seca, sino que previamente "se lavan conjuntamente" también los metales.

Preferentemente, está previsto que durante la clasificación en húmedo se realicen sucesivamente en el tiempo los siguientes pasos: en primer lugar, las cenizas se mezclan con la solución acuosa ácida. A continuación, del producto originado durante ello se separa al menos una primera fracción gruesa. Para ello se usa especialmente un equipo de tamizado. Después, del producto liberado de la primera fracción gruesa se separa al menos una segunda fracción gruesa, especialmente usando una técnica de corriente ascendente. A continuación, de la fracción fina originada durante ello se extrae líquido. Para ello se usa especialmente un filtro prensa de cámara.

En una forma de realización posible de la invención puede estar previsto que al menos un parámetro de un líquido usado para la clasificación en húmedo se mantenga por debajo o por encima de un valor límite predefinido. Especialmente, para ello se excluye líquido de un circuito de líquido en cuanto se alcance, especialmente se exceda o se rebase por defecto, el valor límite.

Esta forma de realización puede ser de importancia práctica especialmente si por una parte se pretende ahorrar costes y, por otra parte, se pretende evitar que determinados componentes "sean arrastrados" a las cenizas. Estos componentes pueden ser especialmente sales, por ejemplo, principalmente cloruros y sulfatos. La concentración de estos componentes puede determinarse por ejemplo mediante una medición de conductividad en el líquido, es decir que el parámetro en el circuito de líquido puede ser especialmente la conductividad eléctrica. Por lo tanto, solo se excluye líquido del circuito cuando la conductividad haya alcanzado el valor límite predefinido. De esta manera, por una parte se minimiza el consumo de líquido fresco, especialmente agua, por lo que se ahorran costes. Por otra parte, se impide que la o cada fracción gruesa baja en contaminantes o exenta de contaminantes tenga un contenido demasiado alto de los respectivos componentes, especialmente de sales. El valor límite puede hacerse dependiente especialmente de los deseos del respectivo explotador de instalación o ser predefinido in situ en la planta de depuración.

Una ventaja del procedimiento según la invención consiste en que en cuanto a la técnica de procedimientos y de instalaciones puede realizarse opcionalmente independientemente de la instalación de incineración de residuos misma que proporciona las cenizas. Por lo tanto, según una forma de realización preferible está previsto que el procedimiento según la invención se realiza en una instalación de procesamiento separada de la instalación de incineración de residuos, aunque esto no es obligatorio siendo posible básicamente también la integración en una instalación de incineración de residuos.

Según otra forma de realización de la invención, el procesamiento según la invención de las cenizas puede incluir en uno o varios puntos un procesamiento de metales, es decir, la separación de metales. Este procesamiento puede incluir tanto una separación FE, es decir, una separación de metales ferrosos, como una separación NF, es decir una separación de metales no ferrosos. Por consiguiente, para este procesamiento pueden emplearse separadores FE o NF clásicos. Alternativamente o adicionalmente se puede efectuar una clasificación óptica. Esta clasificación óptica se puede efectuar tanto de forma manual como de forma mecánica. Básicamente, son posibles numerosas variantes que permitan respectivamente un procesamiento de metales estrictamente según la clase.

Preferentemente, el procesamiento de metales se efectúa en una o cada fracción gruesa exenta de contaminantes o baja en contaminantes, antes de depositar las mismas.

5 Especialmente, la separación de los metales no se efectúa en seco antes o después de la clasificación en húmedo de las cenizas de incineración de residuos domésticos, sino después del transcurso de al menos una parte de la clasificación en húmedo. Dicho de otra manera, los metales se incluyen en el proceso en húmedo o de lavado, es decir, los metales se lavan con el conjunto. Esto tiene la ventaja de que los metales quedan muy limpios, es decir, los metales quedan tan puros por el lavado que pueden ser reconocidos ópticamente por su respectivo color, lo que mejora o posibilita una clasificación óptica – manual o mecánica – de los metales. También el rendimiento de metales aumenta por este “lavado conjunto”. La inclusión de los metales en el proceso en húmedo o de lavado, es decir, el “lavado conjunto” de los metales, también puede efectuarse si durante la separación de los metales no se efectúa ninguna clasificación óptima del tipo que sea. Estos metales “lavados conjuntamente” pueden ser separados en principio de manera convencional mediante separadores de metal conocidos.

De esta manera, se consigue incrementar considerablemente la rentabilidad del procesamiento de cenizas.

15 El objetivo se consigue además mediante una instalación de procesamiento para cenizas de incineración de residuos, especialmente para cenizas de incineración de residuos domésticos (CIRD), que está realizada para la clasificación de las cenizas y la recuperación de fosfatos a partir de las cenizas. La instalación comprende un equipo de tratamiento en el que, para la redisolución de los fosfatos, las cenizas pueden tratarse con una solución acuosa ácida, así como un equipo de aislamiento en el que se pueden aislar los fosfatos contenidos en la solución, estando realizada la instalación para una clasificación en húmedo de las cenizas y, a este fin, para el mezclado de las cenizas con un líquido, siendo el líquido con el que las cenizas se pueden mezclar en el marco de la clasificación en húmedo la solución acuosa ácida con la que las cenizas pueden ser tratadas para la redisolución de los fosfatos.

25 Especialmente, la instalación está configurada para la realización de un procedimiento del tipo que se indica aquí.

En una forma de realización preferible de la instalación, el equipo de aislamiento está separado del equipo de tratamiento, pudiendo suministrarse al equipo de aislamiento la solución procedente del equipo de tratamiento, por medio de un equipo de extracción. Preferentemente, el equipo de extracción puede ser controlado o regulado, en concreto, especialmente en función del valor pH de la solución.

30 Preferentemente, la instalación presenta al menos para la clasificación en húmedo al menos un circuito de líquido sustancialmente cerrado. De esta manera, se puede conseguir que las cenizas actúen en conjunto de forma duradera y relativamente intensa con el líquido, a saber, la solución acuosa ácida.

35 Preferentemente, la instalación comprende equipos de clasificación en húmedo cuidadosos con los granos, estando concebida la instalación de tal forma que las cenizas pueden clasificarse en al menos una fracción fina cargada con contaminantes y al menos una fracción gruesa baja en contaminantes o exenta de contaminantes. Preferentemente, en la instalación están previstos exclusivamente equipos de clasificación en húmedo cuidadosos con los granos.

40 Según otro ejemplo de realización preferible, la instalación de procesamiento según la invención está concebida de tal forma que en la fracción fina originada durante la clasificación en húmedo, el límite inferior del tamaño de granos ascienda a 0  $\mu\text{m}$  y que el límite superior del tamaño de granos se sitúe aproximadamente en el intervalo de 50 a 500  $\mu\text{m}$ , en especial, aproximadamente en el intervalo de 200 a 300  $\mu\text{m}$ , ascendiendo preferentemente a aproximadamente 250  $\mu\text{m}$ .

45 Especialmente, está previsto que la instalación según la invención comprende una etapa de mezclado en la que la instalación se mezcla con el líquido, y en particular la etapa de mezclado comprende o forma el equipo de tratamiento.

50 Un equipo conjunto en el que, en el marco de la clasificación en húmedo, las cenizas se mezclan con un líquido y, en el marco de la recuperación de fosfatos, se trata con una solución acuosa ácida, puede resultar ventajoso, pero no es obligatorio. Alternativamente, también es posible prever una etapa de mezclado y una etapa de tratamiento respectivamente por separado y una detrás de otra en el sentido de proceso, de manera que por ejemplo, en primer lugar, las cenizas solo se mezclan con agua y, a continuación, en un equipo separado, a la mezcla se suministra un ácido.

60 Básicamente, según la invención también es posible obtener, alternativamente o adicionalmente a los fosfatos, otras sustancias a partir de las cenizas de incineración, aprovechando la clasificación en húmedo y por tanto la circunstancia de que a causa del contacto intenso de las cenizas con un líquido, que se produce de por sí, se produce una redisolución de sustancias contenidas en las cenizas, enriqueciéndose en caso de necesidad de manera adecuada el líquido usado en la clasificación en húmedo. Esta obtención de sustancias reciclables a partir de cenizas de incineración de residuos tratadas con un líquido adecuado, en combinación con una clasificación en húmedo de las cenizas, constituye un aspecto independiente, reivindicable individualmente, de la invención.

65 Mientras hasta ahora, en la práctica, las cenizas de incineración de residuos domésticos generalmente se depositaban durante un período de tiempo relativamente largo de por ejemplo tres meses, antes de comenzar con

un procesamiento o tratamiento, según la invención está previsto preferentemente que con el procesamiento o el tratamiento de las cenizas se comienza relativamente pronto después de originarse. Esto ofrece la ventaja de que no se producen o se producen solo en una medida no crítica una aglutinación o sinterización consideradas como desventajosas. Las cenizas almacenadas, en cambio, tienden a aglutinarse o sinterizarse, en concreto, a causa de las reacciones químicas que se desarrollan durante el almacenaje. Las cenizas aglutinadas deben separarse, antes del o durante el procesamiento o tratamiento, con "maquinaria pesada", es decir, con un esfuerzo mecánico precisamente no cuidadoso. Además, un almacenaje de las cenizas tiene como consecuencia que los metales contenidos pueden llevar fuertemente adheridas cenizas, lo que dificulta o hace imposible una clasificación óptica de los metales. Mediante un procesamiento o tratamiento precoz de las cenizas de incineración de residuos domésticos en un proceso en húmedo no se puede ni producir una aglutinación o sinterización desventajosa de las cenizas o se reduce la duración de estas reacciones químicas desventajosas. Después de este procesamiento o tratamiento, por tanto, ya no se puede producir una aglutinación o sinterización desventajosa de las cenizas.

A continuación, la invención se describe a modo de ejemplo haciendo referencia al dibujo, cuya única figura muestra esquemáticamente un ejemplo de realización de un dispositivo según la invención, en el que se puede realizar un procedimiento según la invención.

El dispositivo según la invención comprende una instalación de procesamiento 11 con diferentes equipos que se describen en detalle a continuación. La instalación de procesamiento 11 es independiente de una instalación de incineración de residuos. Especialmente, la instalación de procesamiento 11 puede levantarse en un lugar discrecional y hacerse funcionar por separado de una instalación de incineración de residuos, aunque esto no es obligatorio y básicamente es posible también su integración en una instalación de incineración de residuos.

Con la instalación 11 según la invención es posible procesar de la manera explicada a continuación las cenizas de incineración, tal como se originan durante la incineración de residuos. En particular, no son necesarios obligatoriamente un tratamiento del tipo que sea ni un procesamiento preparatorio de las cenizas A. No obstante, un ejemplo de realización preferible de la invención prevé que, antes de introducirse en una instalación de procesamiento 11, las cenizas de incineración de residuos se someten a un tratamiento previo especialmente en seco, durante el que de las cenizas se eliminan partes metálicas y sustancias perturbadoras no quemadas.

El procedimiento de procesamiento según la invención y la instalación de procesamiento 11 según la invención resultan adecuados especialmente para el procesamiento de cenizas de incineración de residuos domésticos. Pero la invención no está limitada a ello. Por lo tanto, básicamente, también es posible procesar de la manera según la invención otros residuos de incineración, por ejemplo cenizas o escorias originadas durante la incineración de residuos industriales.

En el ejemplo de realización de la invención, explicado aquí, las cenizas A introducidas en una etapa de mezclado 21 de la instalación 11 y previamente liberada de partes metálicas y sustancias perturbadoras no quemadas, se separa en tres fracciones I, II y III, a saber, en una fracción fina I y dos fracciones gruesas II y III. Las fracciones gruesas II y III no están cargadas con contaminantes y pueden almacenarse en depósitos 29, 31, antes de someterse a un reciclado. Los contaminantes contenidos originalmente en las cenizas se encuentran en la fracción fina I que no puede ser reciclada sin más y que se almacena por ejemplo en un vertedero 33.

Los contaminantes contenidos habitualmente en las cenizas de incineración de residuos domésticos (en lo sucesivo abreviado por: CIRDT) son conocidos básicamente. Como ejemplos cabe mencionar aquí el sulfato, el cloruro, el anhídrido y el TOC (carbono orgánico total). En cuanto al anhídrido cabe mencionar que, con vistas a una posible reutilización de CIRDT, por ejemplo en la construcción de carreteras, cuenta aquí entre los contaminantes también porque por la absorción de agua aumenta considerablemente de volumen, es decir, se hincha, y por consiguiente puede desarrollar un efecto explosivo, lo que puede conducir a la destrucción de las edificaciones correspondientes.

En una instalación 11 según la invención, el procesamiento de las cenizas A se efectúa mediante la clasificación en húmedo.

Para ello, las cenizas A se mezclan en la etapa de mezclado 21 con un líquido. Preferentemente, como líquido se usa agua W. Con vistas a una forma de realización especialmente ventajosa del procesamiento según la invención, que se describirá en detalle más adelante, como líquido se usa una solución acuosa determinada, a saber, una solución acuosa ácida. Para mayor facilidad, en lo sucesivo, el líquido usado se designa aquí también simplemente como "agua" o "solución".

El mezclado de las cenizas A con el agua puede efectuarse en el sentido de un remojo o una maceración. Por consiguiente, la etapa de mezclado 21 puede designarse también como un remojador o macerador.

El mezclado de las cenizas A en la etapa de mezclado 21 se efectúa de una manera cuidadosa con los granos, para evitar al menos en gran medida que se desmenuen las partículas de ceniza introducidas. En caso de estar prevista, se puede producir una acción mecánica sobre las cenizas A en la etapa de mezclado, por ejemplo, por medio de un plato vibratorio.

Un tratamiento de las cenizas A cuidadoso con los granos se efectúa no solo en la etapa de mezclado 21. Más bien, la instalación 11 completa está concebida para un procesamiento de cenizas cuidadoso con los granos. Como ya se mencionó al principio, el experto conoce el término del trato "cuidadoso con los granos". Por ello se entiende especialmente que ni se emplean conscientemente ni se toleran aquellos equipos o pasos de procedimiento, en los que se desmenucen las partículas de cenizas. Un tratamiento cuidadoso con los granos evidentemente no excluye que se separen unas de otras partículas de ceniza que inicialmente solo estén adheridas unas a otras.

A este respecto, cabe mencionar que el experto básicamente conoce diversos métodos de clasificación en húmedo que pueden calificarse como cuidadosos con los granos, pero que el experto conoce además métodos que pueden emplearse en el marco de una clasificación en húmedo y que deben provocar conscientemente o tolerar un desmenuzamiento de las partículas que han de ser clasificadas. Como ejemplo cabe mencionar a este respecto el llamado lavado con cuchillas. Este tipo de métodos no cuidadosos con los granos no se emplean conscientemente según la invención.

El agua suministrada a la etapa de mezclado 21 es proporcionada por un circuito de agua W cerrado. Evidentemente, el término "cerrado" no excluye que se pueda sustituir líquido gastado y – si está previsto como en el ejemplo de realización representado aquí – que se pueda extraer líquido para una recuperación adicional de fosfatos P, descrita más adelante, incluso sin reconducción al circuito W.

Para crear el ambiente ácido mencionado, a la etapa de mezclado 21 se suministra además un ácido S, tratándose especialmente de ácido cítrico, que puede obtenerse de forma relativamente económica, o de ácido sulfúrico. Por lo tanto, en el ejemplo de realización preferible de la invención, descrito aquí, el circuito de líquido W mencionado es un circuito de una solución acuosa ácida. Para la clasificación en húmedo en sí según la invención ni es imprescindible ni resulta desventajoso un ambiente ácido, ya que todas las partes relevantes de la instalación pueden concebirse sin problemas de forma resistente a los ácidos.

Las cenizas A mezcladas con el agua, es decir, remojadas o maceradas, que contienen todavía las tres fracciones I, II y III mencionadas al principio, se suministran a continuación a una primera etapa de clasificación 17, tratándose de un equipo de tamizado, que está concebido de tal forma que pueden ser separadas todas las partículas de cenizas con un tamaño de granos superior a 4 mm.

En esta primera etapa de clasificación 17, las cenizas se rocían con agua W procedente del circuito mencionado y se tamizan con los 4 mm mencionados.

En lo que se refiere a los tamaños de granos de las partículas de ceniza, mencionados en la descripción de este ejemplo de realización, está previsto que durante un tratamiento previo mecánico, especialmente en seco, de las cenizas procedentes de la instalación de incineración de residuos, se eliminan partes metálicas y sustancias perturbadoras no quemadas, efectuándose dicho tratamiento previo de tal forma que la distribución de tamaños de granos de las cenizas A introducidas en la etapa de mezclado 21 presenta un límite superior de aprox. 45 mm.

Por lo tanto, la primera fracción gruesa III separada por medio de la primera etapa de clasificación 17 tiene una distribución de tamaños de granos de aprox. 4 a 45 mm. Esta fracción gruesa III se hace salir de la instalación 11 y se almacena en el depósito 29 que ya se ha mencionado.

La parte de cenizas restante con una distribución de tamaños de granos de aprox. 0 a 4 mm, que por tanto contiene la fracción fina I mencionada al principio y la fracción gruesa II adicional, se suministra a continuación a una segunda etapa de clasificación que comprende un clasificador de corriente ascendente 15 con un hidrociclón 13 preconectado. Este tipo de disposiciones son conocidas básicamente, de manera que la estructura y el modo de funcionamiento de esta segunda etapa de clasificación no se tratarán en detalle. Cabe destacar que tanto en un hidrociclón como en un clasificador por corriente ascendente, las partículas que han de ser clasificadas son tratadas de manera extraordinariamente cuidadosa. Esto significa que la distribución de tamaños de granos de la parte de cenizas procedente de la primera etapa de clasificación 17 prácticamente no se ve alterada tampoco por la segunda etapa de clasificación 13, 15.

En el ejemplo de realización explicado aquí, la segunda etapa de clasificación 13, 15 está concebida o ajustada de tal forma que del producto introducido se separa una segunda fracción gruesa II que presenta una distribución de tamaños de granos comprendida aproximadamente en el intervalo de 0,25 mm a 4 mm. Esta fracción gruesa II se suministra a un equipo de tamizado 35 que puede ser por ejemplo un llamado "tamiz E" que comprende dos pisos de tamizado, en cuyo caso sobre el piso de tamizado superior el material se rocía con agua W y sobre el piso de tamizado inferior se deshidrata. Para ello, el agua W se extrae del circuito mencionado y también se vuelve a reconducir a dicho circuito.

También la fracción gruesa II adicional, deshidratada de esta manera, se hace salir a continuación de la instalación 11 y se almacena en el depósito 31 que ya se ha mencionado.

Como se ha mencionado anteriormente, la segunda etapa de clasificación 13, 15 está ajustada de tal forma que tras la separación de la segunda fracción gruesa II, la fracción fina I restante presenta un límite superior del tamaño de granos de aprox. 0,25 mm, es decir de aprox. 250 µm. La concepción de la instalación 11 y especialmente de la segunda etapa de clasificación 13, 15 de tal forma que se cumpla exactamente este límite superior para el tamaño de granos de la fracción fina I, no es obligatoria. Especialmente en función de las cenizas A introducidas y especialmente del tipo y la cantidad de los contaminantes contenidos en estas, que deben ser concentradas en la fracción fina I, el límite superior para el tamaño de granos de la fracción fina I está elegido de tal forma que queda garantizado que – dado el caso, salvo un resto tolerable especialmente con vistas a las disposiciones legales vigentes – todos los contaminantes relevantes se ligen a la fracción fina I. Especialmente, este límite superior se elige de tal forma que no sea ni demasiado bajo, porque de lo contrario la siguiente fracción gruesa más alta está cargada con contaminantes en una medida que ya no es tolerable, ni demasiado alto, porque de lo contrario resulta demasiado grande la parte en peso en seco de la fracción fina I en las cenizas A introducidas.

De esta manera, se consigue que todos los contaminantes relevantes de las cenizas A introducidas en la instalación 11 se encuentren en la fracción fina I que además queda minimizada en cuanto a su parte en peso en seco en las cenizas A introducidas. Las fracciones gruesas III y II almacenadas en depósito por lo tanto están liberadas al menos de la mayor parte de contaminantes y pueden someterse a una reutilización, por ejemplo en la construcción de carreteras, de conformidad con las respectivas directivas legales vigentes.

A continuación, de la fracción fina I procedente de la segunda etapa de clasificación 13, 15 se extrae líquido en un espesador circular 23.

A continuación, la fracción fina I se conduce a un filtro prensa de cámara 19 por medio de una bomba excéntrica 25. En lugar del filtro prensa de cámara puede estar previsto por ejemplo también un ciclón para seguir deshidratando la fracción fina I. Sin embargo, el uso de un filtro prensa de cámara hasta ahora ha resultado ser especialmente ventajoso.

La fracción fina I que se ha hecho salir de la etapa de deshumectación formada por el espesor circular 23, la bomba excéntrica 25 y el filtro prensa de cámara 19 ha sido deshumectada en tal medida que está sólida y por tanto puede ser depositada en vertedero. El agua W resultante en esta etapa de deshumectación se vuelve a suministrar al circuito.

Experimentos han arrojado que la manera descrita aquí de una clasificación en húmedo de CIRD con un límite superior de la distribución de tamaños de granos original de aprox. 45 mm da como resultado una fracción fina I con tamaños de granos de hasta 0,25 mm, conteniendo la fracción fina I por una parte todos los contaminantes relevantes y, por otra parte, solo aprox. un 10% del peso en seco de las cenizas A introducidas en la instalación 11. Esto significa que con las dos fracciones gruesas III y II resultantes se puede reciclar sin problemas una parte en peso en seco de aprox. 90% de las cenizas A introducidas en la instalación 11, ya que estas fracciones gruesas III y II están bajas en contaminantes o exentas de contaminantes.

Ya por esta posibilidad de reciclado de las cenizas de incineración de residuos, que hasta ahora no se consideraba viable, la realización práctica de la invención es altamente interesante económicamente a pesar de los costes del levantamiento y del funcionamiento de la instalación de procesamiento 11 según la invención. Se añade que los explotadores de instalaciones de incineración de residuos están interesados en no tener que ocuparse ellos mismos de una eliminación de las cenizas de incineración conforme a las prescripciones, ya que hasta ahora, esta eliminación se está realizando mediante el depósito en vertedero o el reciclado sujeto a elevadas condiciones de la totalidad de las cenizas originadas durante la incineración de residuos, lo que por los contaminantes contenidos y las disposiciones legales pertinentes conlleva costes elevados. Por consiguiente, los explotadores de instalaciones de incineración de residuos están dispuestos a pagar por la retirada de las cenizas de incineración. La rentabilidad del procesamiento de cenizas según la invención sigue aumentando por ello, ya que incluso la retirada de las cenizas destinadas a introducirse en la instalación de procesamiento puede conllevar ingresos. En caso de realizarse el tratamiento previo mencionado de las cenizas procedentes de la instalación de incineración de residuos para la eliminación de partes metálicas y/o sustancias perturbadoras no quemadas, este tratamiento previo no se opone a la rentabilidad del procedimiento según la invención.

En el ejemplo de realización descrito aquí de la invención, además, la rentabilidad del procesamiento de cenizas se sigue incrementando por el hecho de que a partir de las cenizas A introducidas en la instalación 11 se obtienen sustancias que a su vez se pueden someter a un reciclado. Este aprovechamiento de las cenizas A, especialmente la recuperación descrita a continuación de fosfatos, constituye independientemente de la clasificación en húmedo de las cenizas A un aspecto autónomo, reivindicable individualmente, de la invención.

Como se ha mencionado, esta utilización adicional de las cenizas de incineración en el ejemplo de realización descrito aquí se refiere a la recuperación de fosfatos P. Para ello se aprovecha el la circunstancia de que durante la clasificación en húmedo descrita anteriormente, las cenizas A de por sí actúan en conjunto con un líquido. Especialmente el circuito de líquido W cerrado tiene como consecuencia que el líquido puede actuar en conjunto con las cenizas A durante un tiempo relativamente largo y de forma intensa, lo que se aprovecha según la invención.

Mediante una elección adecuada del líquido puede producirse por tanto una redisolución de fosfatos P contenidos en las cenizas A introducidas, pudiendo volver a aislarse estos fosfatos P en un paso de procedimiento adicional.

5 Como ya se ha mencionado anteriormente, en el ejemplo de realización preferible, como líquido para la clasificación en húmedo se usa agua W que en la etapa de mezclado 21 se enriquece con un ácido S, especialmente con ácido cítrico o ácido sulfúrico. El mezclado o el remojo o la maceración de las cenizas A con el líquido, que se producen durante la clasificación en húmedo, constituyen por tanto al mismo tiempo un tratamiento de las cenizas A con una solución acuosa ácida, que tiene como consecuencia una redisolución de los fosfatos P contenidos en las cenizas A.

10 En el marco de la clasificación en húmedo descrita aquí de las cenizas A, para la que un ambiente ácido no es obligatorio, pero tampoco resulta desventajoso, porque todas las partes relevantes de la instalación están concebidas de forma resistente a los ácidos, este tipo de recuperación de fosfatos P resulta especialmente ventajoso, porque el mezclado de las cenizas A con el agua o con la solución acuosa ácida y especialmente el circuito de líquido cerrado permiten una reacción de duración especialmente larga y especialmente íntima de las cenizas A con la solución acuosa ácida. En líneas generales, esta combinación – es decir, en concreto, la clasificación en húmedo de las cenizas de incineración de residuos con la recuperación integrada de sustancias reciclables, especialmente fosfatos – igualmente constituye un aspecto independiente, autónomo y reivindicable individualmente, de la invención.

20 La redisolución de los fosfatos P se fomenta mediante una temperatura más elevada de la solución acuosa ácida, sin que ello perjudique la clasificación en húmedo. Teniendo en consideración el aporte de energía necesario para el calentamiento del líquido y los costes que conlleva, la temperatura se elige de tal forma que la instalación completa pueda hacerse funcionar en un rango óptimamente rentable. Se encontró que esto es posible ya a partir de una temperatura dentro del intervalo de 20 a 40 °C de la solución acuosa ácida en el circuito cerrado.

25 La extracción de líquido, incluyendo los fosfatos P redisueltos dentro de este, en lo sucesivo designado también como solución L, puede efectuarse sin problemas durante el funcionamiento en marcha de la clasificación en húmedo.

30 Básicamente, es posible una extracción continua de la solución L. Alternativamente, puede estar previsto que solo en momentos determinados se extraiga del circuito W una cantidad determinada de la solución L. Estos momentos pueden elegirse especialmente en función del valor pH del líquido circulante.

35 La extracción de los fosfatos P redisueltos, básicamente, puede efectuarse en un punto discrecional del circuito de líquido W. Para ello, puede estar previsto un equipo de extracción que pueda ser controlado o regulado en función del valor pH de la solución L.

40 La solución L se suministra a un equipo de aislamiento 27 en el que de una manera conocida de por sí se efectúa una reprecipitación de los fosfatos P. El líquido que queda después del aislamiento de los fosfatos P se vuelve a suministrar al circuito W.

45 De esta manera, con los fosfatos P que se aíslan de la solución L extraída del circuito W se origina una materia prima valiosa que a su vez puede ser sometida a un reciclado beneficioso.

Al estar generalmente conocida la reprecipitación de fosfatos a partir de una solución, incluyendo los procedimientos y equipos que han de usarse para ello, no se describirá en detalle aquí.

50 Básicamente, según la invención también es posible obtener, alternativamente o adicionalmente a fosfatos, otras sustancias a partir de las cenizas de incineración, aprovechando la clasificación en húmedo y por lo tanto la circunstancia de que a causa del contacto intenso de las cenizas con un líquido, que se produce de por sí, se produce una redisolución de sustancias contenidas en las cenizas, enriqueciéndose en caso de necesidad de manera adecuada el líquido usado en la clasificación en húmedo. Esta obtención de sustancias reciclables a partir de cenizas de incineración de residuos tratadas con un líquido adecuado constituye, también independientemente de una clasificación en húmedo de las cenizas, un aspecto autónomo, reivindicable individualmente, de la invención.

55 En el ejemplo de realización representado en la figura, al espesador circular 24 está preconectado un equipo de medición en forma de una sonda potenciométrica 41, con la que se puede medir la conductividad eléctrica del líquido. Si la conductividad alcanza un valor predefinido que puede estar predefinido in situ por ejemplo por el explotador de la instalación de procesamiento o la planta de depuración, se excluye una cantidad predefinida del líquido y se sustituye por líquido fresco, especialmente agua fresca. El esclusado de agua E puede efectuarse detrás del espesador circular 23, visto en el sentido de proceso – tal como está representado a modo de ejemplo en la figura.

65 Además, en el ejemplo de representación que se muestra aquí está previsto que antes de almacenarse en depósito las dos fracciones gruesas II, II se efectúa respectivamente un procesamiento de metales 37, 39. Esto puede

efectuarse de diferentes maneras según las circunstancias y los requisitos, como se ha mencionado a modo de ejemplo en la parte de introducción. El procesamiento de metales preferentemente se efectúa de tal manera que, antes de su separación, los metales se incluyen en el proceso en mojado o de lavado, es decir, "se lavan conjuntamente", de manera que se mejora o se posibilita una clasificación óptica, ya que al incluir los metales en el proceso en mojado, los metales quedan especialmente limpios.

Lista de signos de referencia

10	11	Instalación de procesamiento
	13	Hidrociclón
	15	Clasificador por corriente ascendente
	17	Equipo de tamizado
	19	Filtro prensa de cámara
	21	Etapa de mezclado
15	23	Espesador circular
	25	Bomba excéntrica
	27	Equipo de aislamiento
	29	Depósito
	31	Depósito
20	33	Vertedero
	35	Equipo de tamizado
	37	Procesamiento de metales
	39	Procesamiento de metales
	41	Equipo de medición
25	A	Cenizas
	I	Fracción fina
	II	Fracción gruesa
	III	Fracción gruesa
30	W	Agua, circuito de agua
	L	Solución acuosa
	S	Ácido
	P	Fosfatos
	E	Exclusado de agua
35		

## REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para el procesamiento de cenizas de incineración de residuos (A), en el que se combinan entre sí un procedimiento para la clasificación de cenizas (A) y un procedimiento para la recuperación de fosfatos (P) a partir de las cenizas (A), y en el cual las cenizas (A) se someten a una clasificación en húmedo, para lo que se mezclan con un líquido (L), y en el cual para la redisolución de los fosfatos (P), las cenizas (A) se tratan con una solución acuosa ácida (L) y, a continuación, se aíslan los fosfatos (P) contenidos en la solución (L), y en el cual el líquido con el que se mezclan las cenizas (A) en el marco de la clasificación en húmedo es la solución acuosa ácida (L) con la que se tratan las cenizas (A) para la redisolución de los fosfatos (P).
2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado por que** para la clasificación en húmedo de las cenizas (A) se usa un circuito de líquido sustancialmente cerrado, del que para el aislamiento de los fosfatos se extrae al menos una parte de la solución acuosa ácida (L).
3. Procedimiento según las reivindicaciones 1 o 2, **caracterizado por que** las cenizas (A) se clasifican en la clasificación en húmedo, aplicando procedimientos de clasificación cuidadosos con los granos, en al menos una fracción fina (I) cargada con contaminantes y al menos una fracción gruesa (II, III) baja en contaminantes o exenta de contaminantes.
4. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** las cenizas (A) se clasifican exclusivamente mediante clasificación en húmedo, y/o por que las cenizas (A) en su totalidad se clasifican en al menos una parte (I) cargada con contaminantes y al menos una parte (II, III) baja en contaminantes o exenta de contaminantes.
5. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que**, antes de la clasificación en húmedo, las cenizas (A) se someten a un tratamiento previo mecánico, durante el que de las cenizas (A) se eliminan partes metálicas y sustancias perturbadoras no quemadas, y/o por que las cenizas procedentes de una instalación de incineración de residuos se trata previamente de tal forma que las cenizas (A) se somete a la clasificación en húmedo con una distribución de tamaños de granos, cuyo límite superior no es superior a aprox. 100 mm.
6. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** durante la clasificación en húmedo se realizan sucesivamente en el tiempo los siguientes pasos:
- las cenizas (A) se mezclan con la solución acuosa ácida (L),
  - del producto originado durante ello se separa al menos una primera fracción gruesa (III),
  - del producto liberado de la primera fracción gruesa (III) se separa al menos una segunda fracción gruesa (II), y de la fracción fina (I) originada durante ello se extrae líquido (L).
7. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** para la elaboración de la solución acuosa ácida (L) se pone a disposición agua (W), y al agua (W) se suministra un ácido (S), y/o por que el aislamiento de los fosfatos (P) se comienza en función del valor pH de la solución acuosa ácida (L).
8. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** los fosfatos (P) se aíslan por reprecipitación.
9. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** la solución acuosa ácida (L) presenta una temperatura comprendida en el intervalo de 20 a 40 °C.
10. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el aislamiento de los fosfatos (P) se efectúa en un equipo (27) que está separado de un equipo (21) para el tratamiento de las cenizas (A) con la solución (L) y al que se puede suministrar la solución (L) conforme a una extracción controlable o regulable y/o por que el procedimiento se realiza en una instalación de procesamiento (11) separada de la incineración de residuos en sí.
11. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** al menos un parámetro de un líquido usado para la clasificación en húmedo se mantiene por debajo o por encima de un valor límite predefinido.
12. Instalación de procesamiento para cenizas de incineración de residuos (A) para la realización de un procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, que está configurada para la clasificación de las cenizas (A) y para la recuperación de fosfatos (P) a partir de las cenizas (A), donde la instalación (11) es un equipo de tratamiento (21) en el que para la redisolución de los fosfatos (P), las cenizas (A) se tratan con una solución acuosa ácida (L) y comprende un equipo de aislamiento (27) en el que se pueden aislar los fosfatos (P) contenidos en la solución (L), estando la instalación (11) configurada para una clasificación en húmedo de las cenizas (A) y por tanto para el mezclado de las cenizas (A) con un líquido (L), y el líquido con el que se mezclan las cenizas (A) en el marco de la clasificación en húmedo es la solución acuosa ácida (L) con la que se tratan las cenizas (A) para la redisolución de los fosfatos (P).

- 5 13. Instalación de procesamiento según la reivindicación 12, **caracterizada por que** el equipo de aislamiento (27) está separado del equipo de tratamiento (21), pudiendo suministrarse al equipo de aislamiento (27) la solución (L) procedente del equipo de tratamiento (21), por medio de un equipo de extracción controlable o regulable, y/o por que la instalación (11) presenta al menos para la clasificación en húmedo al menos un circuito de líquido sustancialmente cerrado.
- 10 14. Instalación de procesamiento según las reivindicaciones 12 o 13, **caracterizada por que** la instalación (11) comprende equipos de clasificación en húmedo cuidadosos con los granos y está concebido de tal forma que las cenizas (A) pueden clasificarse en al menos una fracción fina (I) cargada con contaminantes y al menos una fracción gruesa (II, III) baja en contaminantes o exenta de contaminantes, y/o por que la instalación (11) está concebida de tal forma que en la fracción fina (I), el límite inferior del tamaño de granos es de 0  $\mu\text{m}$  y el límite superior del tamaño de granos se sitúa aproximadamente en el intervalo de 50 a 500  $\mu\text{m}$ .
- 15 15. Instalación de procesamiento (11) según una de las reivindicaciones 12 a 14, **caracterizada por que** la instalación (11) comprende una etapa de mezclado (21) en la que las cenizas (A) se mezclan con el líquido (L).

