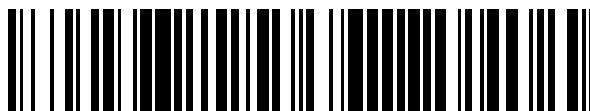


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 758 707**

51 Int. Cl.:

**G21D 1/00** (2006.01)  
**G21F 7/00** (2006.01)  
**G21F 9/00** (2006.01)  
**G21F 9/30** (2006.01)  
**E04B 1/00** (2006.01)  
**B07B 11/02** (2006.01)  
**B07B 13/14** (2006.01)  
**E04H 5/02** (2006.01)  
**G21F 3/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.08.2014 E 14179429 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.10.2019 EP 2833367**

54 Título: **Instalación y procedimiento para el tratamiento de residuos**

30 Prioridad:

**02.08.2013 DE 102013215250**

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

**06.05.2020**

73 Titular/es:

**BILFINGER NOELL GMBH (50.0%)**  
**Alfred-Nobel-Straße 20**  
**97080 Würzburg, DE y**  
**ENBW ENERGIE BADEN-WÜRTTEMBERG AG**  
**(50.0%)**

72 Inventor/es:

**EDLER, GERD;**  
**HEPPER, DR. RONALD;**  
**STARKE, HOLGER;**  
**BOLLES, FRANK y**  
**PINGEL, SÖNKE**

74 Agente/Representante:

**VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro**

**ES 2 758 707 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

Instalación y procedimiento para el tratamiento de residuos

- 5 La invención se refiere a una instalación para el tratamiento de residuos activados, contaminados y/o no contaminados de manera correspondiente a las características de la primera reivindicación y a un procedimiento para el tratamiento de los residuos mencionados.
- 10 La instalación y el procedimiento pueden utilizarse en cualquier lugar donde deban mecanizarse residuos metálicos y minerales así como residuos combustibles y no combustibles a partir del desmantelamiento de una instalación nuclear de manera que, con un tipo de construcción modular flexible de las estaciones de tratamiento individuales y con baja exposición a la radiación y bajos costos de transporte, deban suministrarse residuos contaminados, después de una separación y de una descontaminación, por una parte, a un reciclaje y, por otra parte, a un vertedero o a un cementerio nuclear.
- 15 En el caso del desmantelamiento de una central nuclear, se producen residuos metálicos y minerales, así como desechos combustibles y no combustibles. De la masa total existente de una central nuclear (sin combustibles), debe tratarse aproximadamente el 10 %, el resto puede suministrarse para el uso gratuito. Según la central eléctrica, las partes de la instalación, desechos y desechos secundarios que van a tratarse pueden encontrarse entre 20 000 t y 50 000 t. La mayor parte de estos materiales, aproximadamente el 70 %, se alimentan o bien a través de la medición decisoria directa o bien a través de la fusión para la liberación sin restricciones. El resto, aproximadamente el 30 %, puede desecharse en parte en vertederos (materiales de construcción y sustancias estructurales), pero en otra parte debe suministrarse a un cementerio nuclear como desechos radiactivos de medio a bajo nivel.
- 20 Adicionalmente, pueden procesarse componentes grandes tales como, por ejemplo, generadores de vapor. Para lograr las metas de eliminación de residuos deseadas, algunos componentes deben tratarse múltiples veces, partiendo de la base de una cuota de retorno de aproximadamente el 20 %. En general, solo pueden entregarse materiales cuya ruta de eliminación de residuos se haya aclarado.
- 25 Se conocen diferentes instalaciones y procedimientos para el tratamiento de residuos contaminados.
- 30 Siempre que las superficies de los componentes contaminados estén provistas de una contaminación radiactiva, el documento EP 0 638 516 A1 describe un procedimiento para eliminar plomo y cadmio de ácido fosfórico. Este procedimiento es útil cuando se realiza una descontaminación química o electroquímica y debe regenerarse el ácido fosfórico gastado a partir de la purificación de las partes contaminadas.
- 35 El documento WO 2013/175089 A1 describe un procedimiento químico para la descontaminación de piezas de acero con solución de ácido fosfórico.
- 40 El documento US 5.037.159 describe la eliminación de una capa contaminada al quitar mediante golpes las piezas de hormigón contaminadas.
- El documento DE 26 38 174 A1 describe el desmantelamiento de un reactor nuclear.
- 45 Por el documento XP 055 402 261, D. Rittscher *et al.*: "Kernkraftwerke Greifswald und Rheinsberg: Stilllegung, Abbau und Aufbau", revista internacional para energía nuclear, vol. 47, n.º 4 (2002-04-01), páginas 235 a 243, se conoce igualmente una instalación para el tratamiento de residuos activados, contaminados y/o no contaminados, a saber, el *Zwischenlager Nord* (ZLN). Sin embargo, el ZLN está asignado directamente a una instalación nuclear, a saber, la antigua central nuclear de Greifswald.
- 50 Independientemente de esto, se conocen diferentes procedimientos del tratamiento de residuos, que se utilizan para transportar, clasificar y/o triturar los residuos.
- 55 En el procedimiento conocido, resulta desventajoso que el tratamiento de residuos no se realice de manera desacoplada del desmantelamiento de las instalaciones nucleares, sino directamente *in situ*. Con ello, una instalación para el tratamiento de residuos contaminados únicamente puede aprovecharse para el desmantelamiento de una única instalación y, de manera correspondiente, su capacidad y condiciones de espacio.
- 60 Para estos casos, deben gestionarse actividades de planificación y coordinación para cada instalación individual. Debido a los locales existentes, existen restricciones en cuanto a la superficie de tratamiento. Por regla general, no están disponibles rutas de transporte óptimas a las estaciones de tratamiento. Una estructura modular no es necesaria ni posible, puesto que la instalación planificada y realizada está planificada solo para la central eléctrica concreta que va a desmantelarse. Por regla general, no son posibles las sinergias en cuanto a la intercambiabilidad del personal entre ubicaciones.
- 65 Por eso, el objetivo de la invención es desarrollar una instalación y un procedimiento para el tratamiento de residuos contaminados, que se instala permanentemente en una ubicación prevista para ello y, por lo tanto, está desacoplada

del desmantelamiento, pudiendo reducirse o aumentarse las estaciones de tratamiento individuales con principio modular, no estando presente ninguna interferencia mutua de las rutas de transporte, ocupándose los grupos de alta calidad y el personal familiarizado de que se produzca un mínimo de desechos radiactivos, de manera que pueda suministrarse un alto porcentaje de residuos a un reciclaje.

5 Este objetivo se consigue mediante una instalación según las características de la primera reivindicación y un procedimiento según las características de la reivindicación 8. Las reivindicaciones secundarias expresan configuraciones ventajosas de la invención.

10 La solución de acuerdo con la invención prevé una instalación para el tratamiento de residuos contaminados, en la que estos residuos se mecanizan de tal manera que, en la medida de lo posible, un alto porcentaje de los residuos se suministra a un reciclaje.

15 La instalación consta de una superficie de contacto con un edificio con una entrada y salida para el personal, una esclusa para piezas contaminadas y una salida para material descontaminado, estando dispuestas sobre la superficie de contacto estaciones de tratamiento, que están separadas unas de otras por paredes flexibles. En la superficie de contacto se encuentran recipientes de transporte, medios de transporte y salas de almacenamiento. Las estaciones de tratamiento, en las cuales se presenta una alta tasa de dosis, están dispuestas en un intervalo para altas tasas de dosis, que está dispuesto muy alejado de la entrada y salida del personal así como de la salida para material liberable.

20 Además, en la superficie de contacto están dispuestos una sala de limpieza, una sala de servicio, una oficina y salas de medición, así como una sala de almacenamiento de aceite y de líquido.

25 Resulta ventajoso si las paredes del edificio están provistas de un recubrimiento fácilmente descontaminable. En el edificio se encuentra la superficie de contacto sobre la que están dispuestas paredes sólidas y flexibles. Las paredes sólidas representan muros de ladrillos, hormigón u otros componentes. Las paredes sólidas están dispuestas alrededor de las áreas o estaciones de tratamiento cuya superficie no se modifica. Las paredes flexibles pueden representar láminas de plástico, lonas, carpas, mamparas u otras paredes ajustables.

Debido a las paredes flexibles, las estaciones de tratamiento pueden ampliarse, reducirse o, dado el caso, modificarse de manera correspondiente al rendimiento requerido.

30 Las estaciones de tratamiento cumplen con los diferentes requisitos de procesamiento en cuanto a la superficie requerida y al procedimiento que va a llevarse a cabo de los residuos contaminados.

A este respecto, puede tratarse de un área de desmontaje para componentes grandes, un tratamiento de hormigón o de la superficie de hormigón, una preparación de granalla para limpieza con chorro, un tratamiento o procesamiento de cables, una fragmentación térmica, una clasificación para desechos radiactivos y no radiactivos, una instalación de embarrilado y de medición, una instalación de clasificación, una instalación de lavado, un secado, una prensa de alta presión, una optimización del contenedor de fusión, una fragmentación manual, una descontaminación química húmeda, una instalación de rueda centrifugadora, una instalación de granallado, un baño ultrasónico, una instalación de lavado de cajas, un procesamiento de chapa fina, un acondicionamiento de amianto o instalación de peligro, un llenado de contenedores o una instalación de evaporación.

Los recipientes de transporte usados pueden representar barriles, recipientes pequeños o grandes, jaulas de transporte, POLLUX, en particular contenedores Konrad, o contenedores.

45 Como medios de transporte se emplean carretillas apiladoras electrónicas, carretillas elevadoras, grúas de pórtico, grúas giratorias, equipos transportadores o monorraíles suspendidos, que se utilizan selectivamente en las diversas áreas.

En el caso del desmantelamiento de centrales nucleares, se produce una gran cantidad de material contaminado, fundamentalmente metal y hormigón. Para reducir el volumen de los desechos radiactivos, el material contaminado desmontado debe dividirse o separarse en material liberado, que se trata con métodos de descontaminación, y desechos radiactivos para el almacenamiento a largo plazo. Los organismos de inspección estatales establecen el valor límite hasta el cual está permitida una medición liberatoria del material contaminado. Por ejemplo, el valor límite hasta el cual es posible una medición liberatoria del material de un reactor desmantelado puede ascender a 0,1 becquerel/gramo (Bq/g).

50 Habitualmente, hay una contaminación con óxido de uranio, óxido de plutonio, estroncio-90, cesio-137 y cobalto-60. El contenido de radioisótopos de los desechos se determina a través de vectores de núclidos radioquímicos que se extraen de muestras del material contaminado. Los vectores de núclidos se determinan por la proporción de radionúclidos radiactivos que van a medirse, tales como, por ejemplo, cobalto-60 y cesio-137. Entonces, se parte de la base de que los radioisótopos tienen respectivamente la misma dispersión dentro de las áreas individuales de cada central nuclear desarmada. Por ejemplo, una central nuclear abandonada puede dividirse en 10 áreas con respectivamente sus propios vectores de núclidos. Después, se mide un radioisótopo y se supone que los radioisótopos restantes de los desechos se distribuyen según lo determinado en el vector de núclido del área correspondiente de la central nuclear. En la representación actual, este es cobalto-60. Con ello, deben eliminarse en particular componentes grandes, residuos metálicos, placas de hormigón, escombros de hormigón y otros residuos.

65 Resulta ventajoso disponer al menos una sierra de cinta, al menos una cizalla hidráulica o al menos una sierra de arco

en el área de despiece para componentes grandes.

Además, resulta ventajoso utilizar en el procesamiento de hormigón al menos una barrena sacanúcleos, al menos una fresadora de hormigón, al menos una sierra circular para losas de hormigón grandes o pequeñas, disponer al menos una sierra de alambre o al menos una trituradora de hormigón.

5 La fragmentación térmica tiene lugar en cajones sumergibles. Un cajón sumergible es un cerramiento instalado de paredes móviles con una cubierta de techo. El acceso para el personal se realiza a través de esclusas. Los transportes de material se realizan a través de aberturas de puertas, de portones o de techo. En este caso, no tiene que cumplirse necesariamente una función de esclusa. Los transportes de material se realizan con instalaciones de grúas, carretillas elevadoras o carretillas de horquilla elevadora. En estos, pueden estar dispuestas una mesa de soldadura así como una plaza de estacionamiento para jaulas de transporte. En la instalación, están dispuestas ventajosamente tres cajones sumergibles para la fragmentación térmica.

15 En la instalación de granallado en seco, pueden disponerse una instalación de granallado de cavidades, una caja de granallado y/o una instalación de rueda centrifugadora y una preparación de granalla para limpieza con chorro. Los cables pueden mecanizarse o procesarse en un procesamiento o preparación de cables mediante trituradoras de cable, trituradoras de plástico y peladoras de cables. Además, puede estar dispuesta una instalación de lavado de cajas.

20 En la fragmentación manual, puede estar dispuesto un procesamiento de chapa fina. Además, resulta ventajoso disponer en la clasificación de desechos un contenedor para material radiactivo y combustible, una clasificación para material combustible no radiactivo y su almacenamiento, una clasificación de desechos para desechos radiactivos y una máquina de encuadernación así como una prensa embaladora y una prensa dentro del barril. Además, resulta ventajoso disponer, en una instalación de secado, un horno de secado, una  
25 instalación de medición de coincidencia de cobalto (CC), un control para los aparatos de mando y una medición de barril.

Además, resulta ventajoso disponer, en la instalación de embotellado de barril, un abastecimiento de barril, un embotellado de barril, una dispensación de barril, una prensa de alta presión, un contenedor hidráulico y de control para controlar la instalación de embotellado de barril y una máquina de reborderar.

30 La sala de medición debe proveerse de instrumentos para medir y registrar las tasas de dosis tales como para la identificación de los recipientes medidos. Además, resulta ventajoso proveer la descontaminación húmeda de agua caliente y fría a alta presión así como disponer en esta área un filtro de cinta cortada en sesgo, un filtro de bomba para un primer recipiente intermedio y un filtro de bomba para un segundo recipiente intermedio. En el tratamiento de amianto o el acondicionamiento de amianto puede estar dispuesta una prensa dentro del barril.

40 La instalación para el tratamiento de residuos contaminados tiene la ventaja de que el tratamiento de los residuos se realiza de manera desacoplada del desmantelamiento e independientemente de una central eléctrica concreta. En esta instalación, no es posible una interferencia mutua a través de las rutas de transporte.

El principio modular posibilita adaptar fácilmente el equipamiento a las necesidades de desmantelamiento, pudiendo adaptarse la instalación a la capacidad de tratamiento requerida durante el desmantelamiento.

45 Puesto que la instalación está concebida de manera que las estaciones de tratamiento estén dispuestas en la superficie de contacto de manera correspondiente a la tasa de dosis, la carga para el medio ambiente y las personas sigue siendo baja.

50 La instalación permite suministrar un reciclaje al mayor porcentaje posible de residuos contaminados.

La instalación permite además evitar transportes radioactivos innecesarios, en particular en el territorio nacional. Mediante procedimientos especiales en la instalación, puede llevarse a cabo una descontaminación altamente efectiva y una fragmentación óptima, mediante lo cual se produce un aprovechamiento máximo de las barricas de embalaje del cementerio nuclear por combinación de tipos de desechos.

55 El procedimiento de acuerdo con la invención para el tratamiento de residuos activados, contaminados y/o no contaminados a partir del desmantelamiento de instalaciones nucleares prevé suministrar los residuos en su mayor parte a un reciclaje, mecanizándose estos en una o varias estaciones de tratamiento, después de lo cual tiene lugar una medición decisoria y los residuos descontaminados se suministran a un reciclaje, los residuos contaminados a un vertedero y los desechos radiactivos a un cementerio nuclear.

60 El tratamiento de residuos metálicos, que también pueden representar componentes grandes tales como generadores de vapor, prevé en primer lugar una fragmentación manual, térmica y/o mecánica, luego una descontaminación mediante limpieza a alta presión o tratamiento de la superficie químico o un procedimiento de granallado en seco, después de lo cual tiene lugar una medición previa o medición decisoria. El tratamiento de la superficie químico en húmedo puede tener lugar mediante un procedimiento tal como el que está descrito en el documento WO 2012/175098 A1. Después de la medición previa y medición decisoria, es evidente si la descontaminación por los procedimientos  
65

mencionados fue exitosa y el residuo metálico puede suministrarse a un reciclaje o si debe realizarse una repetición de las etapas de descontaminación. Después de la medición decisoria, el residuo metálico puede abandonar la instalación o, en casos excepcionales, debe tratarse repetidamente.

5 Los residuos minerales tales como piezas y estructuras de hormigón se desmontan en primer lugar. Este desmontaje puede realizarse con una sierra de alambre o circular o con martillos neumáticos o hidráulicos u otros aparatos adecuados. Se eliminan partes tales como, por ejemplo, piezas de desplazamiento u otras piezas de acero selladas en el hormigón, que evitan la descontaminación. Se fresa la superficie contaminada de placas de hormigón. Las placas y piezas de hormigón tratadas de esta manera se suministran a una medición previa y medición decisoria, realizándose una asignación a los desechos convencionales o radiactivos y luego estas piezas abandonan la instalación por la vía prevista.

15 Los residuos tales como las piezas de hormigón se mecanizan por un tratamiento de la superficie del hormigón mediante una fresadora de hormigón que desprende los desechos contaminados a una profundidad necesaria. Las partículas de polvo resultantes se aspiran mediante presión negativa y se suministran a un separador de polvo, por ejemplo, un ciclón. La presión negativa se genera por una bomba de vacío por encima del ciclón. Entre el ciclón o el separador de polvo está dispuesto al menos un filtro para separar partículas finas de polvo. Además, resulta ventajoso disponer un filtro de seguridad después de un primer filtro. El filtro después del ciclón se limpia al vaciarse la torta de filtro hacia abajo a través del ciclón. El polvo recogido en el filtro se controla por medio de un detector en cuanto a sus componentes radiactivos y se limpia si se excede el valor límite correspondiente.

25 En el separador de polvo se separan las partículas pulverulentas, que abandonan hacia abajo el separador, donde se recogen en un recipiente adecuado. A partir de las partículas de polvo que abandonan el separador, la radiactividad se mide continuamente mediante un aparato medidor de actividad. Dependiendo de la exposición a la radiación del polvo, este se elimina como polvo que da medición liberatoria o se suministra a un cementerio nuclear como polvo contaminado. Puede aprovecharse polvo no contaminado. La separación del polvo contaminado y no contaminado se realiza después de la medición de la actividad por medio de una válvula de dos vías. El transporte de partículas de polvo puede realizarse mediante recipientes adecuados tales como barriles.

30 El dispositivo para el tratamiento de piezas de hormigón y el procedimiento para el tratamiento de estas piezas de hormigón están descritos en detalle en un ejemplo de realización. Los dispositivos y procedimientos también pueden aprovecharse independientemente de la instalación entera actual, así, por separado.

35 El tratamiento de los residuos minerales tales como escombros se realiza de tal manera que en primer lugar se miden previamente, después de lo cual se realiza una división en desechos convencionales o radiactivos. Los desechos radiactivos y también los convencionales se someten por separado a una clasificación por criba, triturándose la fracción gruesa respectivamente de una trituración gruesa posterior en una trituradora tal como una trituradora de mandíbula a un tamaño de grano previsto para ello. A este respecto, los residuos convencionales en otras estaciones de clasificación y de trituración se tratan como desechos radiactivos, es decir, los desechos convencionales y los desechos radiactivos se suministran respectivamente por separado a una clasificación y trituración. Los residuos triturados se suministran nuevamente a una medición decisoria, después de lo cual los desechos convencionales se envasan y se suministran a un vertedero, y los desechos radiactivos se llenan de manera conocida en un contenedor Konrad o se prensan y a continuación abandonan en esta la instalación hacia un cementerio nuclear.

45 Los residuos tales como cables se someten en primer lugar a una descontaminación mediante frotado u otro procedimiento adecuado, después de lo cual se realiza un pelado del cable y, en otra etapa de procedimiento, el desmenuzamiento del cable. Asimismo, pueden desmenuzarse las partes de plástico peladas del cable. Resulta ventajoso desmenuzar por separado los cables y las partes de plástico separadas. Las partes del cable peladas y desmenuzadas se suministran después de la trituración a una medición decisoria, después de lo cual se realiza un envasado y reciclaje de los residuos reutilizables o, siempre que haya partes contaminadas, un llenado en un recipiente de desechos con el posterior transporte a un almacenamiento de una manera conocida.

55 El tratamiento de los desechos se realiza de tal manera que en primer lugar estos se clasifican en la instalación en desechos convencionales y radiactivos, lo cual puede realizarse sobre la base de una medición decisoria. Los desechos combustibles convencionales se prensan y se suministran a una medición previa y decisoria, después de lo cual los desechos no cargados se suministran a una combustión convencional externa. Los desechos radiactivos se separan en desechos combustibles y no combustibles, prensándose los desechos radiactivos combustibles y suministrándose a una medición de tasa de dosis y medición de contaminación con posterior combustión externa. Los desechos radiactivos no combustibles se suministran a una prensa de alta presión y a un secado.

60 Los desechos radiactivos quemados y prensados y secados se suministran a un almacenamiento, dado el caso, barriles o contenedores, y a una evacuación.

65 A continuación, se explicará con más detalle la instalación en diez figuras y un ejemplo de realización. Las figuras muestran:

- Figura 1: instalación para el tratamiento de residuos contaminados en una representación esquemática, estando representadas las estaciones de tratamiento sobre la superficie de contacto.
- Figura 2: instalación para el tratamiento de residuos contaminados con la ruta del procedimiento desde un contenedor que entrega piezas metálicas, las cuales se descontaminan en la instalación.
- 5 Figura 3: instalación para el tratamiento de residuos contaminados en una representación esquemática y con la ruta de los desechos que se suministran a una clasificación en la instalación.
- Figura 4: instalación para el tratamiento de residuos contaminados en una representación esquemática y la ruta de componentes grandes, que se desmontan y se descontaminan en la instalación.
- Figura 5: instalación para el tratamiento de residuos contaminados en una representación esquemática y la ruta de piezas de hormigón a través de la instalación, las cuales se mecanizan en la instalación.
- 10 Figura 6: sección a través de la vista lateral de una central nuclear
- Figura 7: sección parcial a través de una placa de hormigón tal como un pavimento de hormigón
- Figura 8: representación de las etapas de procedimiento 65-71
- Figura 9: representación de un dispositivo para separar material contaminado radiactivamente y su tratamiento
- 15 Figura 10: representación detallada de un aparato medidor de coincidencia de cobalto

La *figura 1* muestra la instalación de acuerdo con la invención para el tratamiento de residuos contaminados en una representación esquemática, que consta del edificio 27, en el que se encuentra la superficie de contacto, que presenta esclusas 1.1, 1.2, a través de las cuales partes contaminadas tales como un generador de vapor 32 o pequeñas partes contaminadas llegan al edificio 27 individualmente o en un contenedor de 20'. Para el personal, están dispuestas una entrada y salida 27.2 para personas en la parte superior derecha y salidas de emergencia 27.3. El material descontaminado puede abandonar nuevamente el edificio 27 a través de la salida para material descontaminado 27.4 en la parte superior derecha. El material contaminado puede abandonar nuevamente el edificio 27 a través de las esclusas 1.1, 1.2. En la superficie de contacto 29 están dispuestas diferentes estaciones de tratamiento, que están denominadas. Alrededor de la estación de tratamiento están dispuestas paredes flexibles 28. Estas paredes flexibles pueden representar, por ejemplo, una carpa u otro dispositivo adecuado. De esta manera, es posible aumentar, reducir o modificar la estación de tratamiento con un poco de esfuerzo dentro de la superficie de contacto. Además, sobre la superficie de contacto están presentes medios de transporte, una oficina y una sala de limpieza y de servicio 23.1, un almacén de aceite y de líquidos 23.2, una taquilla para la distribución de herramientas 23.4, superficies de carretilla apiladora y de carga 23.3. Sobre la superficie de contacto están colocados recipientes de transporte tales como un barril, jaulas de transporte, POLLUX o contenedores.

Como estaciones de tratamiento sobre la superficie de contacto 29 puede tratarse del área de despiece para componentes grandes (tratamiento de componentes grandes) 15, un tratamiento de la superficie de hormigón 22, una sierra de cinta 16, una fragmentación térmica 12, un triturador de hormigón 21, una fragmentación manual 13 con procesamiento de chapa fina 14, una fragmentación mecánico-térmica, una optimización de carga, una medición de CC 25.2, una contaminación húmeda con agentes químicos 10 o un chorro de agua a alta presión 8, un tratamiento de cables 17, una carpa de clasificación 20 para desechos no radioactivos, una carpa de clasificación 19 para desechos radiactivos, un acondicionamiento de amianto 18, una instalación de secado/medición de barril 3, una prensa de alta presión 2, un baño ultrasónico 9, una carga de contenedor Konrad 4.

De manera correspondiente a las tasas de dosis presentes en las diferentes áreas, la superficie de contacto en el lado derecho presenta un área con estaciones de tratamiento con baja tasa de dosis, en el centro un área con estaciones de tratamiento con tasa de dosis media y a la izquierda un área con estaciones de tratamiento con alta tasa de dosis. Esto tiene la ventaja de que las partes muy contaminadas se encuentran en la un área y las partes menos contaminadas se encuentra en la otra área. El área de alta tasa de dosis se encuentra enfrente de la entrada y la salida 27.2 para personas y la salida 27.4 para material descontaminado. Las piezas con una alta tasa de dosis se encuentran en el área para alta tasa de dosis y también pueden abandonar la superficie de contacto en esta área sin llegar a las otras áreas.

La *figura 2* muestra la ruta de partes metálicas o de acero 30, 31 contaminadas y descontaminadas a través de la instalación de acuerdo con la invención. La entrega se realiza a través de la esclusa interior y exterior 1.1, 1.2 en un contenedor de 20'. Las partes metálicas 30, 31 se retiran de este mediante un aparato de transporte adecuado y se suministran a la fragmentación manual 13, el procesamiento de chapa fina 14 o la fragmentación térmica 12. En esta área de trabajo, las partes metálicas 30, 31 pueden desatornillarse y proveerse de argollas de transporte. En la posterior fragmentación mecánico-térmica, las piezas pueden desmontarse, por ejemplo, mediante aserrado o corte de separación. Esta fragmentación puede realizarse automáticamente. Después, las partes metálicas se transportan a través de la instalación para su descontaminación. Según el tamaño de la pieza, esto puede realizarse mediante carretillas apiladoras electrónicas, carretillas elevadoras o grúas de pórtico. La descontaminación puede realizarse de manera conocida mediante limpieza a alta presión, un procedimiento de granallado en seco, un procedimiento de granallado de cavidades, un procedimiento de rueda centrifugadora o un procedimiento de caja de granallado. La descontaminación por medio de ácido fosfórico con un tiempo de actuación de 5 a 6 horas se realiza en la instalación y en la figura 2 en una descontaminación húmeda 10.

Después de la descontaminación húmeda 10, las partes tratadas se almacenan en una superficie de amortiguación 24 y se suministran a un área de medición previa 26 para una medición previa y medición final, después de lo cual las piezas de acero 31 metálicas descontaminadas de manera impecable abandonan la instalación. Las piezas de acero

contaminadas 30 se transportan después de la medición de contaminación 25.2 a través de las esclusas 1.1, 1.2, dado el caso, por medio de contenedores fuera del edificio 27 o se someten de nuevo a una descontaminación.

La *figura 3* muestra la instalación para el tratamiento de residuos y la ruta de desechos a través de esta instalación.

5 La entrega de residuos tales como residuos contaminados 33 se realiza a través de las esclusas 1.1, 1.2 en la instalación, en el presente caso por un contenedor de 20'. Este se transporta hasta la carpa de clasificación para desechos radiactivos 19 y se clasifica en desechos convencionales y radiactivos. Los desechos no cargados se suministran a una combustión convencional. Los desechos radiactivos se separan en desechos combustibles y no combustibles, prensándose los residuos radiactivos combustibles y suministrándose a continuación a una combustión  
10 y los desechos radiactivos no combustibles a una prensa de alta presión 2 y a un secado 3, después de lo cual los desechos radiactivos se llenan en contenedores (Konrad) 4 de cementerio nuclear y se suministran a través de las esclusas 1.1, 1.2 a un cementerio nuclear.

15 La *figura 4* muestra la instalación para el tratamiento de residuos y la ruta de un generador de vapor 32 a través de esta instalación. El generador de vapor 32 y sus partes se desmontan en primer lugar en la fragmentación de componentes grandes 15. Para ello, están dispuestas sierras de cinta 16, que despiezan el generador de vapor 32 en partes fácilmente transportables. Otra fragmentación se realiza como una fragmentación térmica 12, en la que el generador de vapor 32 o partes individuales se despiezan en partes más pequeñas por medio de soldadura por separación. Las piezas individuales del generador de vapor 32 se suministran luego a una medición de la tasa de  
20 dosis 25.2.

Las piezas de acero contaminadas 30 abandonan la instalación a través de las esclusas 1.1, 1.2. Las piezas descontaminadas se suministran a la instalación de descontaminación húmeda 10, en la que se realiza una descontaminación. Las piezas mecanizadas se almacenan provisionalmente en una superficie de amortiguación 24. Las piezas que están descontaminadas de manera correspondiente a la medición decisoria en el área de medición  
25 previa 26 pueden abandonar la instalación a través de la salida para material descontaminado 27.4 hacia el reciclaje.

La *figura 5* muestra la instalación para el tratamiento de residuos y la ruta de residuos minerales 37 como piezas de hormigón a través de esta instalación. Los residuos minerales tales como piezas de hormigón, por ejemplo, placas de hormigón, que representan elementos de construcción en un edificio de una central eléctrica, se entregan por medio  
30 de contenedores a través de la esclusa interior y exterior 1.1, 1.2, se descargan y se transportan por medio de una grúa de pórtico hacia el tratamiento de la superficie de hormigón 22. Las superficies contaminadas pueden desgastarse en el tratamiento de la superficie de hormigón 22, suministrándose las superficies desgastadas contaminadas a la carga de contenedor (Konrad) 4, mientras que las losas o placas de hormigón 38 descontaminadas vuelven a abandonar la instalación por el tratamiento de la superficie de hormigón 22 y la salida para material  
35 descontaminado 27.4. Pueden triturarse otras piezas pequeñas de hormigón por trituradores de hormigón 21, por ejemplo, trituradoras de mandíbula, y, siempre que estén contaminadas, se llenan en la carga de contenedor Konrad 4 en contenedores de cementerio nuclear y abandonan la instalación a través de las esclusas 1.1, 1.2 en la dirección del cementerio nuclear. Las piezas de hormigón 39 quebradas y descontaminadas se suministran al reciclaje y abandonan la instalación a través de la salida para piezas descontaminadas 27.4.

40 Son concebibles más rutas de procesamiento posible a través de la instalación, por ejemplo, para el tratamiento de cables y otras partes, que se presentan durante el desmantelamiento de una central eléctrica y deben aprovecharse.

La *figura 6* muestra la sección transversal de una central nuclear 50 que debería desmantelarse. Pueden estar  
45 asociados distintos vectores de núclidos a los grupos individuales de piezas metálicas dentro del recipiente de seguridad 51. Otro vector de núclido puede estar asociado a las losas de cubierta de hormigón en forma de z 52, que forman la cubierta del recipiente de seguridad 51. Otro vector de núclido puede estar asociado a la cámara de bomba 53, en la que se encuentran máquinas y recipientes con cuya ayuda se bombea agua a través del sistema de refrigeración secundario. Una causa frecuente de contaminación radiactiva es una fuga en el sistema de refrigeración  
50 secundario, por ejemplo, al reparar o reemplazar las bombas 54. El agua contaminada corre por el suelo 55 de la cámara de bombeo 53 y fluye por debajo de las bombas, hacia las esquinas y hacia grietas y cavidades del suelo de hormigón. La figura 6 muestra una sección transversal conceptual de una central nuclear 50 que se desmantela.

Para facilitar la limpieza y la descontaminación, los suelos 55, las paredes y las losas de cubierta de hormigón en  
55 forma de z 52 de la central nuclear 50 están provistos habitualmente de un recubrimiento epoxídico de dos componentes o recubrimiento de uretano. Las paredes están recubiertas habitualmente hasta unos pocos metros de altura. Después de una fuga, por ejemplo, el piso puede secarse. En el hormigón, sin embargo, pueden formarse grietas y pueden producirse depresiones debido a la caída de piezas. La contaminación no siempre puede eliminarse de intersticios y grietas.

60 La *figura 7* muestra una sección transversal del pavimento de hormigón 56 en el que se ha formado una grieta después de que el suelo se haya provisto originalmente de un barniz de descontaminación 58. Después de la formación de la grieta 57 en el suelo, el líquido radiactivo se escapó y llegó a la grieta 57. Aunque el sitio contaminado se limpió casi por completo, no pudo eliminarse la contaminación en el sitio más profundo de la grieta 57. Como es habitual en tales  
65 casos, el suelo de hormigón 56 se proveyó de un nuevo recubrimiento 60 para sellar la contaminación y asegurar la limpieza futura. Durante la vida útil de la central nuclear 50, se aplicaron varios recubrimientos al suelo de hormigón

56, incluyendo la capa de cobertura 61. Las paredes y las losas de cubierta de hormigón en forma de z 52 de la central nuclear 50 están recubiertas de manera similar.

5 Cuando se desmantela una central nuclear, la contaminación en el hormigón habitualmente solo está presente hasta una profundidad de la superficie de aproximadamente 4 mm. Al desprender las capas exteriores hasta un espesor de aproximadamente 10 mm, el porcentaje contaminado puede eliminarse fundamentalmente por completo. La capa exterior del suelo de hormigón, de las paredes y de las vigas se desprenden al lijar o quitar mediante golpes. En un tipo de quitar mediante golpes, la superficie de hormigón se somete a un tratamiento con miles de golpes de martillo por minuto y, por lo tanto, se pulveriza la superficie de cubierta; este polvo después se aspira. Una descripción más  
10 detallada de la eliminación de la capa contaminada al quitar mediante golpes se menciona en la patente de Estados Unidos N.º 5.037.159 de Nutter *et al.*, a la que se hace referencia en este caso en el presente documento.

Aunque solo se desprende aproximadamente 1 cm del hormigón y del recubrimiento, a este respecto se produce una gran cantidad de residuos posiblemente contaminados y polvo contaminado. En una realización, se producen aproximadamente 200 kg de polvo por hora. Mediante la eliminación de la capa superior de hormigón y mediante  
15 la determinación de qué cantidad de partículas de hormigón y de pintura resultantes a este respecto exceden el valor límite permitido para la medición liberatoria, puede reducirse significativamente la cantidad de desechos radiactivos que deben almacenarse permanentemente. Puesto que en un ejemplo de realización según la figura 7, por ejemplo, los 10 mm superiores del hormigón se desprenden de derecha a izquierda, resulta ventajoso separar el polvo de hormigón no contaminado de la sección 62 del polvo contaminado radiactivamente de la sección 63. Sin embargo,  
20 actualmente no existe ningún procedimiento conocido con el que pueda determinarse si las partículas de polvo que se absorben exceden el valor límite de radioisótopos para separarlas durante el soplado y clasificarlas de manera correspondiente en los contenedores para material que da medición liberatoria o para desechos radiactivos. Habitualmente, el polvo se almacena en principio como desecho radiactivo. Los procedimientos conocidos para medir la radiactividad no son lo suficientemente rápidos para medir los valores límite en las partículas de polvo mientras  
25 estas vuelan a través de los tubos del aspirador. Además, las partículas desprendidas que se transportan a través del aspirador no tienen la masa suficiente para ser medibles con procedimientos convencionales. La presente invención ofrece la posibilidad de medir la radioactividad del polvo y subdividirlo de manera correspondiente en los barriles para material que da medición liberatoria y desechos radiactivos.

30 La *figura 8* muestra en un diagrama de flujo de las etapas 65-71 de un procedimiento en el que el polvo que sobrepasa el valor límite se separa del polvo que se encuentra por debajo del valor límite. En esta forma de realización, el valor límite hasta el cual se libera el material para la eliminación habitual de desechos se encuentra en 0,1 Bq/g (para Co-60).

En una primera etapa del diagrama de flujo 65, el hormigón, que está contaminado con partículas radiactivas, se procesa mediante lijado o cincelado para formar polvo. Este polvo se produce, por ejemplo, cuando el recubrimiento 60-61 se elimina de la superficie de hormigón del suelo de hormigón 56 o de la losa de cubierta de hormigón en forma de z 52 cuando se desmantela una central nuclear 50. El polvo contiene tanto partículas de hormigón como de pintura.

En la etapa 66 del diagrama de flujo, se crea una presión negativa, que aspira el polvo primero hacia una manguera 87 y luego hacia un separador de polvo 81. La presión negativa se genera, por ejemplo, por una bomba de vacío 72, que está dispuesta espacialmente separada en el otro extremo de la línea de vacío. El polvo se aspira durante el lijado del recubrimiento.

La *figura 9* muestra un sistema para la separación de material 73 contaminado radiactivamente e ilustra las máquinas que se emplean para llevar a cabo el procedimiento descrito en la figura 8. En la figura 9 está representada una fresadora de hormigón 74 manual, que desprende la capa de cobertura del suelo de hormigón con ayuda de tres muelas de copa moldeadas cónicamente rectificadas con diamante. En una forma de realización con una fresadora de hormigón 74 manual, se usa un PG820 de la empresa Husqvarna. En otra realización, se usa una fresadora de hormigón con chasis, denominada *The Moose*, 76, fabricada por la empresa Pentek. La fresadora de hormigón con  
50 chasis 76 elimina la capa de cobertura de un suelo de hormigón con ayuda de cinceles oscilantes dotados de metal duro 77. El suelo puede lijarse o cincelarse en tiras de 30 cm de ancho. El polvo resultante en este sentido se aspira en un tubo flexible de vacío 78, cuya abertura de succión 79 está posicionada cerca del lugar de trabajos de lijado o de cincelado. El polvo llega a través del tubo flexible de vacío 78 hacia la entrada del separador de polvo 80 del separador de polvo 81. En la realización de la figura 9, el separador de polvo 81 es un separador o filtro ciclónico. La  
55 figura 9 muestra un dibujo en sección de un separador de polvo 81 con una pieza sobrepuesta cilíndrica 82 que sobresale del extremo superior del separador. El aire aspirado fluye a través de la entrada del separador de polvo 80 hacia el separador de polvo 81 y sale a través de la pieza sobrepuesta cilíndrica 82. El separador de polvo 81 tiene un revestimiento cilíndrico 84, una parte inferior cónica 85 y no tiene partes móviles. Debido a la fuerza centrífuga que se produce por la velocidad tangencial del aire durante el movimiento descendente a lo largo de las paredes interiores del separador de polvo 81, las partículas de polvo 87 se separan de la corriente de aire 83. En algunos tipos de  
60 realización, un deflector en forma de tornillo sin fin se coloca alrededor del lado exterior de la pieza sobrepuesta cilíndrica 82 en el extremo superior del revestimiento cilíndrico 84 para dirigir el flujo de la corriente de aire 83 entrante hacia una espiral descendente. El polvo 87 se hace pasar a través de la abertura del fondo en la parte inferior cónica, mientras que la corriente de aire 83 se eleva a través del centro del separador de polvo 81 y lo abandona a través de la pieza sobrepuesta cilíndrica 82. El separador de polvo 81 tiene un recipiente de recogida cónico inferior 86 con una  
65 abertura del fondo más estrecha, a través de la cual el polvo 87 cae en uno de los dos recipientes colectores 88/89



pequeños.

El separador de polvo 81 es muy adecuado para filtrar el polvo de hormigón contaminado de la corriente de aire 83, puesto que el separador de polvo 81 no tiene ninguna membrana de filtro que deba vaciarse u pueda obstruirse. Puesto que el separador de polvo 81 no tiene partes móviles, puede accionarse durante un largo período sin trabajos de mantenimiento. Aunque el separador de polvo 81 filtra la mayor parte del polvo 87 de la corriente de aire 83, muchas partículas de polvo de menos de 0,5 mm de diámetro viajan hacia arriba con la corriente de aire 83 y a través de la pieza sobrepuesta cilíndrica 82. Un filtro, tal como un filtro de bujía 90 de retroceso cerámico, está dispuesto sobre la pieza sobrepuesta cilíndrica 82 y se aprovecha para filtrar hacia fuera partículas de polvo con un diámetro de menos de 0,5 mm. La corriente de aire 83 fluye a través de la parte inferior del filtro de bujía 90 de retroceso cerámico y sale por los lados del cilindro. Por lo tanto, las partículas pequeñas del polvo 87 permanecen en el lado interior del cilindro. Se forma una torta de partículas finas en el elemento de filtro. A medida que la torta se espesa, los grumos de polvo 91 se quiebran y vuelven a caer a través del separador de polvo 81 y dentro de los recipientes colectores 88/89 pequeños, que están llenos de las partículas de polvo más grandes.

Durante el funcionamiento, el filtro de bujía 90 de retroceso se limpia mediante un golpe opuesto de presión de aire. Este proceso elimina toda la torta de partículas finas del elemento de filtro. La torta, que consta de grumos de polvo 91, cae al fondo del separador de polvo 81 y dentro de los recipientes colectores 88/89 pequeños. La limpieza del filtro se lleva a cabo periódicamente para mantener limpio el filtro de bujía 90 de retroceso cerámico.

En la etapa 67 del diagrama de flujo (figura 8), se llena un recipiente colector 88 u 89 pequeño con el polvo 87 y 91 que cae del separador de polvo 81.

Durante el llenado, ambos recipientes colectores 88 y 89 pequeños están posicionados debajo del separador de polvo 81 con ayuda de un equipo transportador 75. Cada recipiente colector 88 y 89 pequeño tiene una capacidad volumétrica de aproximadamente 10 litros, lo cual corresponde a aproximadamente 7 kg de polvo de hormigón. Este a su vez tiene una densidad de aproximadamente 700 kg/m<sup>3</sup>. Se necesitan poco más de 2 minutos para llenar los dos recipientes de 10 litros 88 y 89 cuando se usa una fresadora de hormigón con chasis 76 o una fresadora de hormigón 74 manual, que genera aproximadamente 200 kg de polvo de hormigón por hora. En cuanto un recipiente colector 88 u 89 pequeño está lleno con polvo de hormigón, se transporta, por ejemplo, se conduce, con ayuda del equipo transportador 75 a un aparato medidor de actividad 92; el otro recipiente colector 89 pequeño se posiciona debajo del separador de polvo 81, de manera que puede comenzar su llenado. En la figura 9, el recipiente colector 89 pequeño está lleno de polvo y se ha llevado al aparato medidor de actividad 92. El recipiente colector 88 pequeño está lleno de polvo 87 y 91.

En la etapa 68 del diagrama de flujo (figura 8), la radioactividad del polvo en el recipiente colector 89 pequeño se mide con ayuda del aparato medidor de actividad 92. El aparato medidor 92 aprovecha el procedimiento de coincidencia para determinar la actividad del radionúclido cobalto-60 en el polvo 87 y 91.

La *figura 10* representa con más detalle el aparato medidor de coincidencia de cobalto 92 que funciona según el procedimiento de coincidencia. El aparato medidor de actividad 92 tiene dos conjuntos de detectores gamma dispuestos de forma opuesta, que están alineados entre sí de manera desplazada 90 grados. Un detector de rayos gamma consta de un detector de centelleo plástico 93 combinado con un tubo fotomultiplicador rápido (PMT) 94, que amplifica la luz emitida por el detector de centelleo plástico 93. El detector de centelleo de plástico 93 está equipado con un cristal que emite luz en cuanto llegan los rayos gamma. La intensidad de la luz es proporcional a la fuerza de la radiación gamma. El detector de centelleo plástico 93 está acoplado al fotomultiplicador rápido 94, que convierte la luz en electrones y luego amplifica los impulsos eléctricos generados por los electrones. Un segundo detector de rayos gamma se encuentra directamente enfrente del primer detector de rayos gamma y está equipado con otro detector de centelleo de plástico 95 y otro fotomultiplicador rápido 96.

El segundo conjunto de detectores gamma está alineado de manera desplazada 90 grados respecto al eje del primer conjunto de detectores gamma para conseguir una cobertura más amplia del intervalo de emisión de 360 grados. En un tipo de realización, el aparato medidor de actividad 92 es una versión modificada del monitor de gran capacidad (LAM12) del fabricante Thermo Scientific de Erlangen. El aparato medidor de actividad 92 mide la actividad contando y determinando las correlaciones angulares de dos rayos gamma consecutivos que se emiten por cada isótopo de cobalto-60 presente en el polvo. El procedimiento de coincidencia registra una radiación gamma ( $\gamma_1$ ) de la fragmentación de un isótopo de cobalto-60 en el detector de centelleo plástico 93 y otra radiación gamma ( $\gamma_2$ ) de la misma fragmentación en el detector de centelleo plástico 95. El aparato medidor de actividad 92 solo cuenta entonces las coincidencias que se registraron asimismo simultáneamente por los dos detectores de centelleo plástico 93, 95 opuestos. De este modo, la radiación de fondo puede reconocerse y calcularse de manera correspondiente en la evaluación. El número de isótopos de cobalto-60 por segundo se registra y se nombra en becquerel (número por segundo).

Sin embargo, no todos los pares de rayos gamma de la fragmentación de los isótopos de cobalto-60 se detectan como golpes por el aparato medidor de actividad 92. La probabilidad de que un par de rayos gamma emitidos se detecte como golpe es equivalente a la probabilidad de respuesta del aparato medidor de actividad 92 o del detector; esto se indica en porcentaje. Al determinar si se ha alcanzado el valor límite, se debe tener en cuenta la probabilidad de respuesta del detector. Por ejemplo, si la probabilidad de respuesta del aparato medidor de actividad (detector) se encuentra en el 40 %, entonces el número de golpes debe multiplicarse por 2,5 para calcular el número real de golpes por segundo.

El procedimiento de coincidencia de cobalto para medir la radioactividad es más rápido que otros procedimientos y

puede determinar durante el llenado del recipiente colector 88 pequeño si el polvo en el primer recipiente colector 89 pequeño lleno puede liberarse para su eliminación general, puesto que el polvo presenta una fragmentación nuclear por debajo del límite de liberación de 0,1 Bq/g o 100 Bq/kg. Cada uno de los recipientes colectores 88 y 89 pequeños tiene una capacidad volumétrica de aproximadamente 7 kg de polvo, de manera que se sobrepasa el límite de liberación cuando el aparato medidor de actividad 92 determina un equivalente ajustado por la probabilidad de respuesta de más de 700 golpes reales por segundo o 7000 golpes por 10 segundos. Puesto que se necesitan 2 minutos para llenar cada recipiente de 10 litros 88 y 89, la medición de actividad puede llevarse a cabo dentro del intervalo de 10 segundos, dentro del plazo antes de que el recipiente colector 89 pequeño deba volver a la posición por debajo del separador de polvo 81 para alojar la siguiente cantidad de polvo 87 y 91.

En la etapa 69 del diagrama de flujo (figura 8), el polvo 87 y 91 se transfiere desde el recipiente colector 89 pequeño a un recipiente de desechos 97 cuando la actividad detectada dentro de un período de tiempo predeterminado sobrepasa un valor límite predeterminado. En una primera realización, el período de tiempo está establecido en 10 segundos; el valor límite predeterminado es 0,1 Bq/g o 7000 golpes en el plazo de estos 10 segundos con 7 kg de polvo en el recipiente colector 89 pequeño. En una segunda realización, el período de tiempo predeterminado se encuentra en 1 segundo; el valor límite predeterminado es 700 golpes en el plazo de cada segundo con 7 kg de polvo en el recipiente colector 89 pequeño. En la segunda realización, la medición de actividad se lleva a cabo diez veces y el valor límite predeterminado se considera sobrepasado si los golpes reales son mayores que 700 durante el promedio de diez períodos de tiempo predeterminados.

En una realización, el recipiente de desechos 97 es un barril de metal de 200 litros de capacidad volumétrica, que puede alojar el volumen de 20 recipientes colectores 88 y 89 pequeños con polvo radiactivo. La figura 9 muestra el caso en que el aparato medidor de actividad 92 ha detectado un valor de actividad en el polvo del recipiente colector 89 pequeño que sobrepasa el valor límite predeterminado. El polvo se dirige con ayuda de una válvula de dos vías 98 hacia el recipiente de desechos 97. La válvula en la válvula de dos vías 98 dirige el polvo fuera del recipiente colector 89 pequeño hacia el recipiente de desechos 97. En una realización, la válvula de dos vías 98 está fabricada por la empresa EMDE, Zierenberg, Alemania. Dado que solo se dirige la menor cantidad de polvo que presenta una mayor actividad hacia el contenedor de desechos 97, también solo se genera una menor cantidad total de polvo más activado, que puede almacenarse de manera más segura y económica. Este polvo más activado se envasa posteriormente en contenedores Konrad y se transporta hacia el almacenamiento final.

En la etapa 70 del diagrama de flujo (figura 8), el polvo 87 y 91 se carga desde el recipiente colector 89 pequeño en un recipiente de desechos 99 en caso de que el valor de actividad medido no sobrepase el valor límite predeterminado dentro del tiempo predeterminado. Este recipiente de desechos 99 está previsto para material liberado que se puede eliminar junto con escombros generales. En esta realización, la válvula de dos vías 98 transporta el polvo clasificado del recipiente colector 89 pequeño al recipiente de desechos 99, siempre que el aparato medidor de actividad 92 detecte una probabilidad de respuesta de menos de 7000 golpes reales en los 7 kg de polvo del recipiente colector pequeño 89 durante el intervalo de medición que dura 10 segundos.

En la etapa 71 del diagrama de flujo (figura 8), el recipiente colector 89 pequeño se rellena de nuevo con polvo 87 y 91 que cae del separador de polvo 81 después de que el polvo se desplazara o bien hacia el recipiente de desechos 97 o bien hacia el recipiente de desechos 99 en las etapas 69-70 del diagrama de flujo. Cada uno de los recipientes colectores 88 y 89 pequeños se introduce en el aparato medidor de actividad 92 después de que se haya llenado de polvo. Después de la expiración del intervalo de tiempo predeterminado, el polvo puede caer a través del fondo del recipiente colector pequeño en la válvula de dos vías 98, a través de la cual el polvo cae o bien en el recipiente de desechos 97 o bien en el recipiente de desechos 99. En una realización, el fondo del recipiente colector pequeño puede abrirse para dejar caer el polvo a través de la abertura en el fondo del aparato medidor de actividad 92 y en la 98. En cuanto el recipiente colector 88 u 89 pequeño está vacío, se retira del aparato medidor de actividad 92 y se posiciona nuevamente debajo del separador de polvo 81, donde el recipiente colector pequeño se llena nuevamente con polvo. En otra realización, el sistema para la separación de material contaminado radiactivamente 73 contiene un segundo detector 100, que rodea el filtro de bujía 90 de retroceso cerámico.

Las partículas de polvo más pequeñas, que se acumulan en la pared interior del filtro de bujía 90 de retroceso cerámico, llegan desde la abertura de succión 79 en el filtro de bujía 90 de retroceso cerámico antes de que las partículas de polvo más grandes caigan desde la abertura del fondo del separador de polvo 81 y mucho antes de que el recipiente colector 88-89 pequeño se llene y se mida la actividad del recipiente colector pequeño. Por lo tanto, la medición de actividad del polvo 91 en el filtro de bujía 90 de retroceso cerámico proporciona una indicación temprana de que el polvo contaminado radiactivamente llega al separador de polvo 81 y cae en el recipiente colector 88-89 pequeño. Se supone que al menos 100 gramos de polvo se acumulan en el filtro de bujía 90 de retroceso cerámico, es decir, el valor límite predeterminado de 0,1 Bq/g para la detección de polvo contaminado radiactivamente corresponde a una tasa de acierto real de al menos 600 dentro del período de tiempo predeterminado de 60 segundos. En una realización, todas las fragmentaciones de cobalto-60 se cuentan dentro de un período de tiempo continuo de 60 segundos. En otra realización, el período de tiempo predeterminado es un margen de tiempo de 60 segundos. En cada segundo, el segundo detector 100 determina si se han producido al menos 600 golpes reales durante los últimos 60 segundos.

Si el nivel de actividad, que se ha medido por el detector 100 dentro del período de tiempo predeterminado de 60 segundos, sobrepasa el valor límite de 600 golpes reales, entonces el recipiente colector 88 u 89 pequeño lleno de polvo se vacía inmediatamente en el recipiente de desechos 97 para desechos radiactivos sin esperar la conclusión del llenado del recipiente colector pequeño. Luego, comienza nuevamente el llenado del recipiente colector pequeño y se continúa mientras no se sobrepase el valor límite predeterminado dentro de un período de tiempo predeterminado de manera correspondiente. La medición de actividad del detector 100 se interrumpe periódicamente durante la fase

de retroceso mientras se limpia el filtro de bujía 90 de retroceso cerámico.

El sistema para la separación de material contaminado radiactivamente 73 también incluye un filtro de seguridad 101, que está dispuesto después del filtro de bujía 90 de retroceso cerámico para atrapar las partículas que pueden haber pasado a través del filtro de bujía 90 de retroceso cerámico. El filtro de seguridad o de emergencia 101 rara vez necesita ser cambiado y puede eliminarse en el recipiente de desechos 97 sin aumentar de manera decisiva la cantidad de desechos radiactivos.

En a su vez otra realización, el período de tiempo fijo durante el cual el aparato medidor de actividad 92 mide la actividad del polvo 87 y 91 se reduce a 1 segundo para posibilitar un flujo más constante y una separación continua del polvo contaminado del polvo liberado. El valor límite de liberación se mantiene en 0,1 Bq/g. En lugar de contar un equivalente ajustado por la probabilidad de respuesta de al menos 7000 golpes en el plazo de 10 segundos, el valor límite de liberación aumenta cuando el aparato medidor de actividad 92 detecta más de 700 golpes reales de los 7 kg de polvo en el recipiente colector 88-89 pequeño dentro del período de tiempo predeterminado de 1 segundo.

#### Lista de las referencias usadas

- 1 Área de esclusa
- 1.1 Exclusa exterior
- 1.2 Exclusa interior
- 2 Prensa de alta presión
- 3 Instalación de secado/medición de barril
- 4 Carga de contenedor Konrad
- 5 Almacén de zona de exclusión
- 6 Instalación de rueda centrifugadora
- 7 Caja de granallado manual
- 8 Descontaminación húmeda con chorros de agua a alta presión
- 9 Baño ultrasónico
- 10 Descontaminación húmeda con instalación PHADEC
- 11 Instalación de lavado de cajas
- 12 Fragmentación térmica (28)
- 13 Fragmentación manual (28)
- 14 Procesamiento de chapa fina (28)
- 15 Fragmentación de componentes grandes (tales como carpa de componentes grandes) (28)
- 16 Sierra de cinta (grande)
- 17 Tratamiento de cable (28)
- 18 Acondicionamiento de amianto (28)
- 19 Carpa de clasificación para desechos radiactivos (28)
- 20 Carpa de clasificación para desechos no radiactivos (28)
- 21 Triturador de hormigón (28)
- 22 Tratamiento de la superficie del hormigón (28)
- 23 tecnología de almacenamiento y de construcción
- 23.1 Sala de limpieza y de servicio
- 23.2 Almacén de aceite y de líquidos
- 23.3 Superficie de carga de carretilla apiladora
- 23.4 Taquilla para la distribución de herramientas
- 23.5 Vitrina para la protección contra la radiación
- 23.6 Espacio de oficina
- 24 Áreas de amortiguamiento
- 25 Paredes sólidas en el edificio
- 25.1 Carga de material fundido
- 25.2 Medición de coincidencia de cobalto (CC)
- 26 Área de medición previa
- 27 Edificio
- 27.1 Estratificación del edificio (interior) descontaminado
- 27.2 Entrada y salida para personas
- 27.3 Salida de emergencia
- 27.4 Salida para material que da medición liberatoria (material que se encuentra por debajo de los valores límite radiológicos de acuerdo con el Reglamento sobre Protección contra las Radiaciones)
- 28 Pared flexible
- 29 Rutas de transporte
- 30 Piezas de acero, contaminadas
- 31 Piezas de acero, que dan medición liberatoria
- 32 Componentes grandes (generadores de vapor)
- 33 Diversos residuos, contaminados
- 34 Desechos radiactivos, no combustibles
- 35 Desechos radiactivos, combustibles
- 36 Desechos no radiactivos, combustibles

37	Residuos minerales
38	Losa de hormigón, que da medición liberatoria
39	Cascotes de hormigón, que dan medición liberatoria
40	Cascotes de hormigón, contaminados
41	Contenedor de 20"
42	Tratamiento de aguas residuales con instalación de evaporación, recipiente colector de concentrado, recipiente de reserva, recipiente de destilado
43	Preparación de granalla para limpieza con chorro
44	Grupo hidráulico para prensa de alta presión (2)
45	Área de medición previa
50	Central nuclear
51	Recipiente de seguridad
52	Losas de cubierta de hormigón en forma de z
53	Cámaras de bombas
54	Bombas
55	Suelo
56	Suelo de hormigón
57	Grieta
58	Barniz de descontaminación
59	Contaminación
60	Recubrimiento
61	Capa de cobertura, estrato superior del recubrimiento
62	Área de la que se ha fresado material no contaminado
63	Área desde la que ha fresado material contaminado
65	Pulido del hormigón contaminado con partículas radiactivas para formar polvo que contiene las partículas radiactivas
66	Creación de una presión negativa que aspira el polvo en un tubo y luego en un separador de polvo
67	Llenado del recipiente colector pequeño con el polvo que cae del separador de polvo
68	Detección de la radiactividad en el polvo que cae dentro del recipiente colector pequeño
69	Transferencia del polvo del recipiente colector pequeño a un recipiente de desechos en caso de que la radioactividad medida sobrepase el valor límite predeterminado dentro de un período de tiempo predeterminado
70	Transferencia del polvo del recipiente colector pequeño a otro recipiente de desechos en caso de que la radioactividad medida no sobrepase el valor límite predeterminado dentro de un período de tiempo predeterminado
71	Rellenado del recipiente colector pequeño con polvo que cae del separador de polvo después de que el polvo se haya transferido a un recipiente de desechos
72	Bomba de vacío
73	Sistema para la separación de material contaminado radiactivamente
74	Fresadora de hormigón manual
75	Equipo transportador
76	Fresadora de hormigón con chasis
77	Cinzel oscilante dotado de metal duro (carburo de tungsteno)
78	Tubo flexible de vacío
79	Abertura de succión
80	Entrada del separador de polvo
81	Separador de polvo
82	Pieza sobrepuesta cilíndrica
83	Corriente de aire
84	Revestimiento cilíndrico
85	Parte inferior cónica
86	Recipiente de recogida cónico inferior
87	Polvo
88	Recipiente colector pequeño
89	Recipiente colector pequeño
90	Filtro de bujía de retroceso cerámico
91	Grumos de polvo
92	Aparato de medición activo, detector
93	Detector de centelleo plástico
94	Fotomultiplicador rápido
95	Detector de centelleo plástico
96	Fotomultiplicador rápido
97	Recipiente de desechos
98	Válvula de dos vías
99	Recipiente de desechos
100	Detector

101 Filtro de seguridad (filtro de emergencia)

**REIVINDICACIONES**

1. Instalación para el tratamiento de residuos activados, contaminados y/o no contaminados, en la que, en un tipo de construcción modular con baja exposición a la radiación y costes de transporte bajos, residuos o desechos activados, contaminados y/o no contaminados, desacoplados del desmantelamiento e independientemente de una instalación nuclear concreta, se suministran a una estación reciclaje, un vertedero o un depósito de desechos después de una separación y/o una descontaminación, que consta de
- una superficie de contacto en un edificio (27) con una entrada y una salida (27.2, 27.3) para el personal,
  - al menos un acceso para material, que está realizado como esclusa (1, 1.1, 1.2) para piezas contaminadas,
  - al menos una salida (27.4) para material (31) a entregar, que está descontaminado,
  - al menos una salida (1, 1.1, 1.2) para material o desechos radiactivos que puedan liberarse de manera restringida,
  - estaciones de tratamiento (12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22), que están separadas unas de otras por paredes (28) flexibles y ajustables, de manera que su superficie puede aumentarse, reducirse o modificarse con poco esfuerzo conforme al rendimiento requerido,
  - estaciones de tratamiento (2, 3, 4, 5), que están separadas unas de otras por paredes sólidas (25), así como
  - recipientes de transporte, medios de transporte y espacios y salas de almacenamiento, estando dispuestas las estaciones de tratamiento, en las cuales se produce una elevada tasa de dosis, en un zona de alta tasa de dosis muy alejada de la entrada y salida de personal (27.2, 27.3) y de la salida (27.4) para material (31) descontaminado para entregar.
2. Instalación según la reivindicación 1, **caracterizada por que** el edificio (27) está provisto de un recubrimiento (27.1) fácilmente descontaminable.
3. Instalación según las reivindicaciones 1 o 2, **caracterizada por que** las estaciones de tratamiento comprenden una estación de fragmentación de componentes grandes (15), una estación de fragmentación térmica (12), una estación de fragmentación manual (13), una estación de procesamiento de chapa fina (14), una estación de tratamiento de cables (17), una estación de acondicionamiento de amianto (18), una carpa de clasificación para desechos radiactivos (19), una carpa de clasificación para desechos no radiactivos (20), un triturador de hormigón (21), una estación de tratamiento de superficies de hormigón (22), una instalación de lavado de cajas (11), una descontaminación húmeda (8, 10), un baño ultrasónico (9), una instalación de granallado en seco, una instalación de rueda centrifugadora (6), una caja de granallado manual (7), una prensa de alta presión (2), una estación de carga de contenedores Konrad (4) y una instalación de secado/medición de barriles (3).
4. Instalación según la reivindicación 3, **caracterizada por que** la estación de tratamiento de superficies de hormigón (22) presenta una fresadora de hormigón (74, 76), que es adecuada para retirar superficies contaminadas (58, 60, 61) de partes de hormigón y para aspirarlas por medio de una bomba de vacío (72) hacia un separador de polvo (81) conectado aguas abajo de la fresadora de hormigón (74, 76), estando configurado el separador de polvo de manera que se separa la parte predominante de un polvo (87) hacia abajo y la parte predominante de una corriente de aire (83) hacia arriba y aguas abajo del separador de polvo (81) está conectado un aparato medidor de actividad (92), que está configurado de manera que mide la exposición a la radiación del polvo (87).
5. Instalación según la reivindicación 4, **caracterizada por que** entre el separador de polvo (87) y la bomba de vacío (72) está dispuesto un filtro (90, 101) para separar partículas finas de polvo.
6. Instalación según las reivindicaciones 4 y 5, **caracterizada por que** el aparato medidor de actividad (92) representa un aparato medidor de coincidencia de cobalto, al que está conectada aguas abajo una válvula de dos vías (98), que dirige el polvo (87) hacia un recipiente colector de desechos (97) para material contaminado o un recipiente de desechos (99) para material liberado.
7. Instalación según una de las reivindicaciones 4 a 6, **caracterizada por que** en el filtro (90) está dispuesto como detector (100) un aparato medidor de coincidencia de cobalto.
8. Procedimiento para el tratamiento de residuos activados, contaminados y no contaminados procedentes del desmantelamiento de instalaciones nucleares, teniendo lugar el tratamiento de manera desacoplada del desmantelamiento e independientemente de una instalación nuclear concreta con el objetivo de suministrar los residuos en su mayor parte a una estación de reciclaje, suministrándose los residuos a una instalación según las características de la reivindicación 1 y tratándose en estaciones de tratamiento, después de lo cual tiene lugar una medición decisoria, y suministrándose los residuos descontaminados a una estación de reciclaje y los residuos contaminados y los desechos radiactivos a un cementerio nuclear.
9. Procedimiento según la reivindicación 8 para el tratamiento de residuos metálicos contaminados tales como piezas de acero (30), **caracterizado por que**
- en una primera etapa, las piezas de acero contaminadas (30) pasan a través de una esclusa (1, 1.1, 1.2), en la que se registran y, dado el caso, se retiran con aparatos adecuados de los recipientes de transporte,

- las piezas de acero contaminadas (30) se suministran a una estación de fragmentación manual (12) y/o a una estación de procesamiento de chapa fina (14), en las que se fragmentan mecánica y térmicamente,
  - las piezas de acero contaminadas (30) y fragmentadas se suministran a una estación de descontaminación húmeda (10) o a una estación de descontaminación mediante limpieza a alta presión (8), a una estación de procedimiento de granallado en seco, una estación de procedimiento de granallado de cavidades, una estación de procedimiento de rueda centrifugadora (6) o una estación de procedimiento de caja de granallado (7),
  - las piezas tratadas se suministran a una estación de medición decisoria, después de lo cual las piezas de acero contaminadas (30) abandonan la instalación a través de la esclusa (1, 1.2, 1.1) y el material que da medición liberatoria abandona la instalación a través de la salida para material que da medición liberatoria (27.4).
10. Procedimiento según la reivindicación 8, **caracterizado por** un tratamiento de residuos minerales, tales como escombros, mediante
- una medición previa de los escombros
  - una división como desecho convencional o radiactivo
  - un cribado y una trituración gruesa de los desechos convencionales con una posterior medición previa y medición decisoria y envasado de los desechos convencionales para un vertedero o una estación de reciclaje, y
  - un cribado y una trituración gruesa de los desechos radiactivos, y
  - un llenado en un contenedor para un almacén, y
  - una evacuación de los desechos.
11. Procedimiento según la reivindicación 8, **caracterizado por** un tratamiento de residuos, tales como cables, mediante
- una descontaminación de los cables mediante frotado u otro procedimiento adecuado
  - un pelado de los cables
  - un desmenuzado de los cables y de las partes peladas
  - una medición decisoria de las partes peladas y desmenuzadas del cable, después de lo cual
  - un envasado y un reciclaje de los residuos reutilizables, y
  - un llenado de residuos contaminados en un recipiente de desechos con un posterior transporte y un almacenamiento.
12. Procedimiento según la reivindicación 8, **caracterizado por** un tratamiento de residuos, tales como desechos, mediante
- una clasificación de los desechos en desechos convencionales y radiactivos, prensándose los desechos combustibles convencionales y suministrándose a una estación de medición previa y de medición decisoria, después de lo cual los desechos no cargados se suministran a una planta de combustión convencional externa, y
  - los desechos radiactivos se separan en residuos combustibles y no combustibles, prensándose los residuos radiactivos combustibles y suministrándose a una estación de medición de tasa de dosis y de contaminación y a una planta de combustión externa, y suministrándose y los desechos no combustibles radiactivos a una prensa de alta presión y a una estación de secado, y
  - los desechos radiactivos, quemados y prensados y secados se llenan en un contenedor u otro recipiente adecuado y se evacúan y almacenan.
13. Procedimiento según la reivindicación 8 para el tratamiento de residuos minerales, tales como piezas de hormigón, **caracterizado por**
- transporte de residuos minerales (37) a través del área de esclusa (1, 1.1, 1.2) hacia la instalación para el tratamiento de hormigón (22),
  - dado el caso, desmontaje de grandes piezas de hormigón y eliminación de las piezas que obstaculizan la medición de la contaminación,
  - un tratamiento de la superficie así como un desprendimiento de la superficie para la descontaminación,
  - una medición previa y una medición decisoria,
  - una asignación a desechos y residuos convencionales que pueden dar una medición liberatoria o a un desecho radiactivo, y
  - transporte de cascotes de hormigón (40) contaminado hacia la estación de carga del contenedor Konrad (4) y más adelante hacia un cementerio nuclear,
  - transporte de una losa de hormigón (38), que puede dar una medición liberatoria, a través del área de esclusa (1, 1.1., 1.2) fuera de la instalación, y
  - transporte de cascotes de hormigón (39) que dan medición liberatoria, a través de la salida (27.4) para el material que da medición liberatoria, fuera de la instalación.
14. Procedimiento según la reivindicación 13, **caracterizado por**
- desprendimiento de una superficie contaminada (58, 60, 61) de una pieza de hormigón y aspiración del polvo (87)

resultante mediante una corriente de aire (83) hacia un separador (81),

- separación del polvo (87) y de la corriente de aire (83) en el separador (81),

- separación de partículas finas de polvo residual de la corriente de aire (83) por medio de un filtro (90, 101),

5 - determinación de la radiactividad de las partículas de polvo (87) después del proceso de separación con un aparato medidor de actividad (92),

- transferencia de las partículas de polvo (87) a un recipiente de desechos (97) para material contaminado cuando la radioactividad medida sobrepasa un valor límite predeterminado dentro de un período de tiempo predeterminado,

10 - transferencia de las partículas de polvo (89) a un recipiente de desechos (99) para material que da medición liberatoria cuando la radiactividad medida no sobrepasa un valor límite predeterminado dentro de un período de tiempo predeterminado.

15. Procedimiento según las reivindicaciones 13 y 14, **caracterizado por que** la radioactividad del polvo en el filtro (90) se mide según el procedimiento de coincidencia de cobalto.





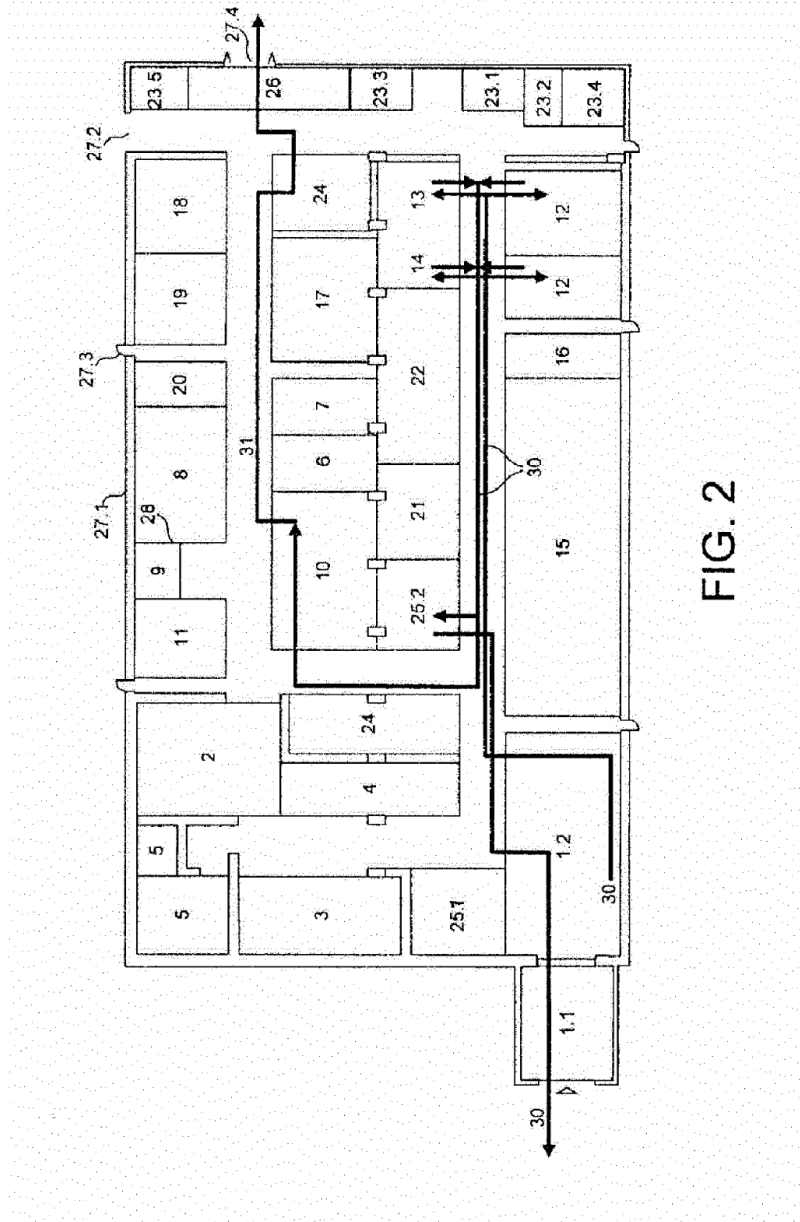


FIG. 2

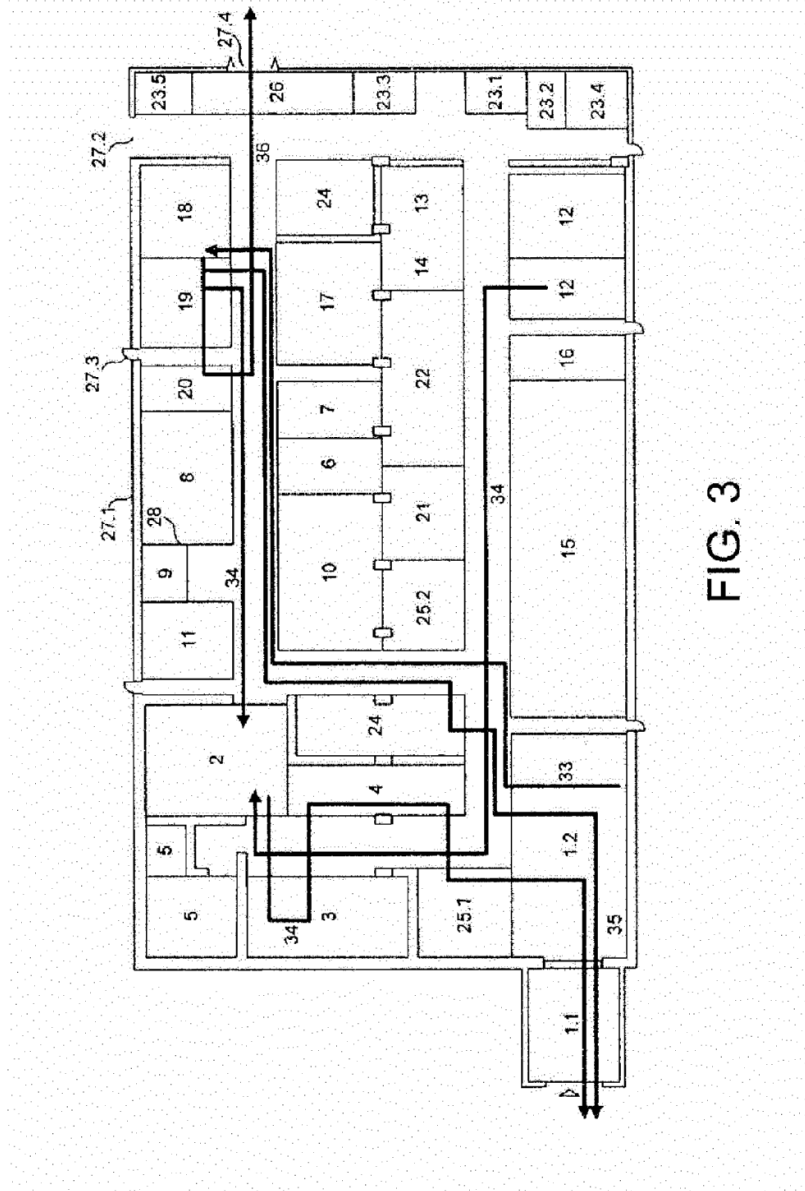


FIG. 3

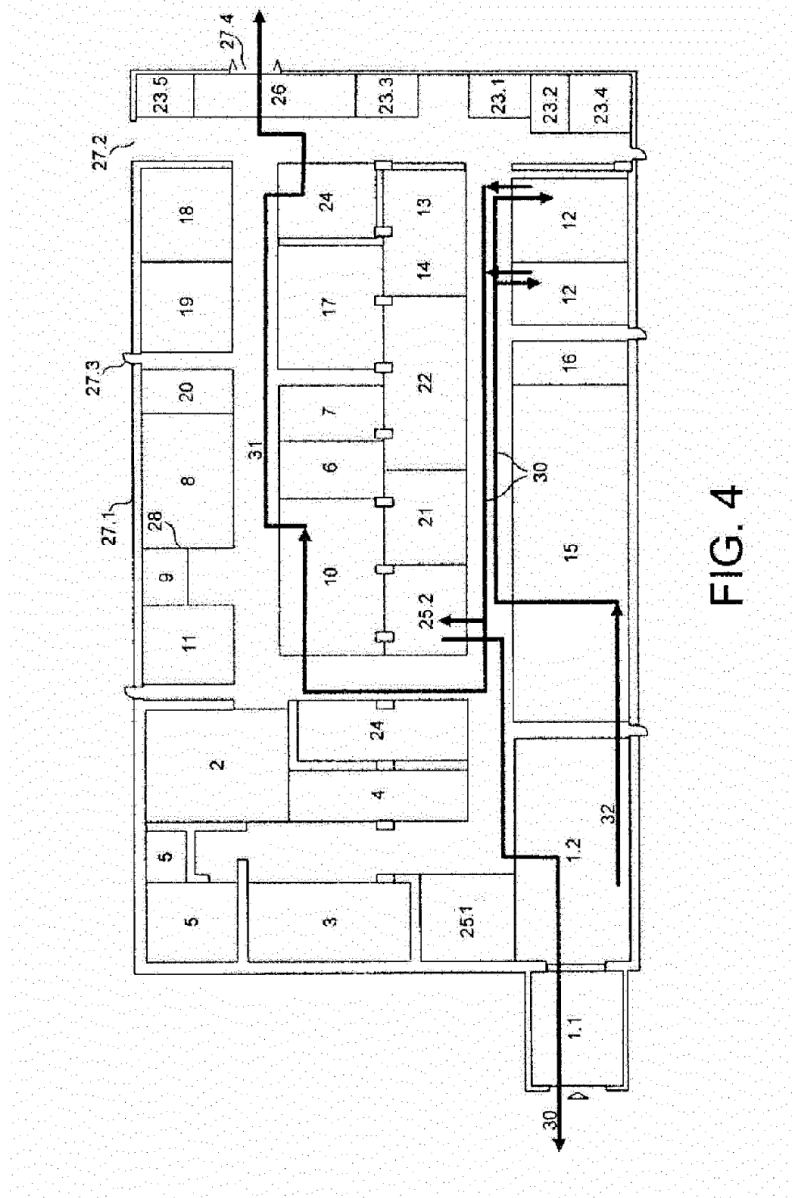


FIG. 4

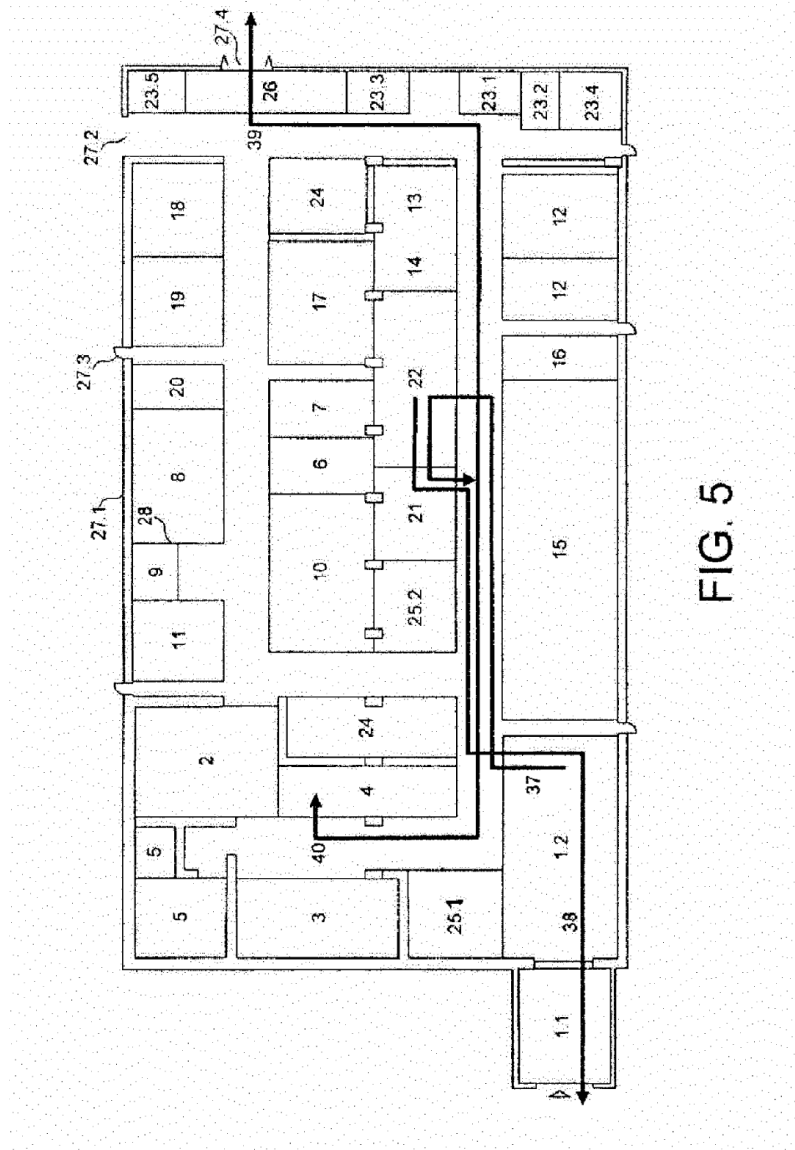


FIG. 5

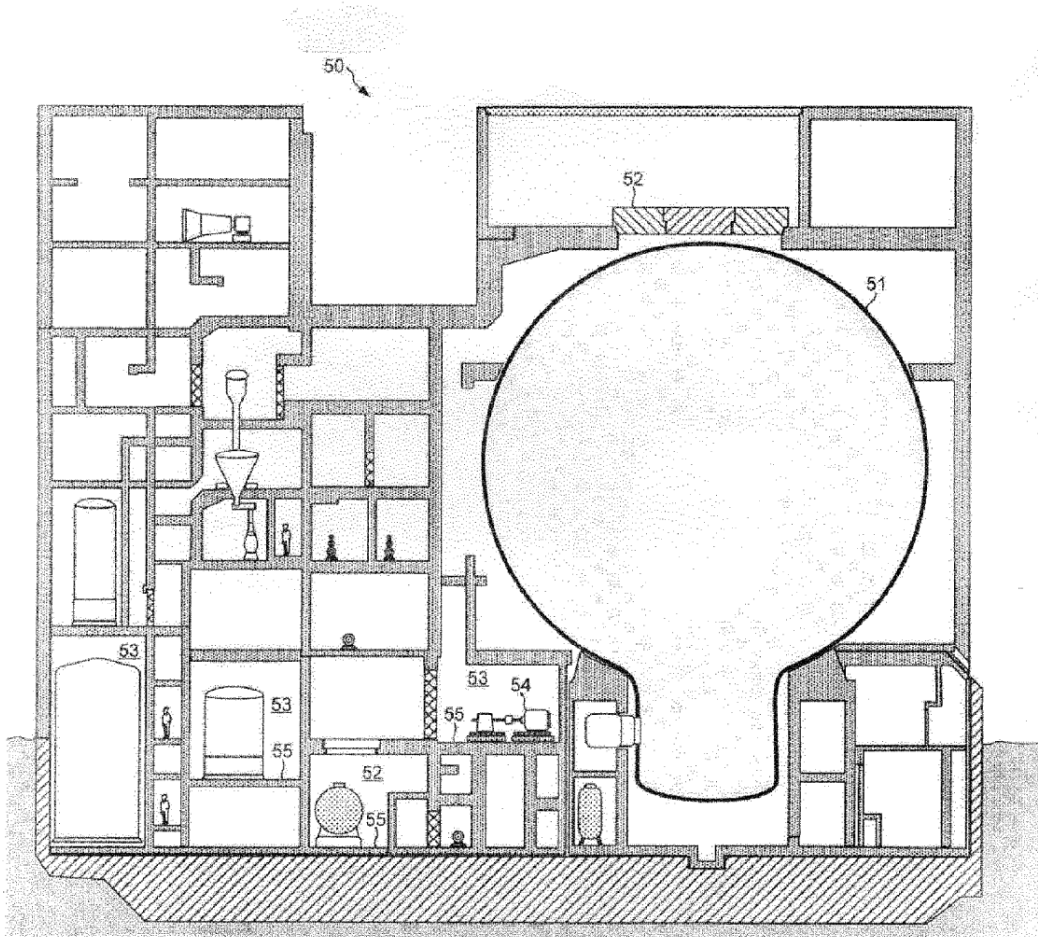
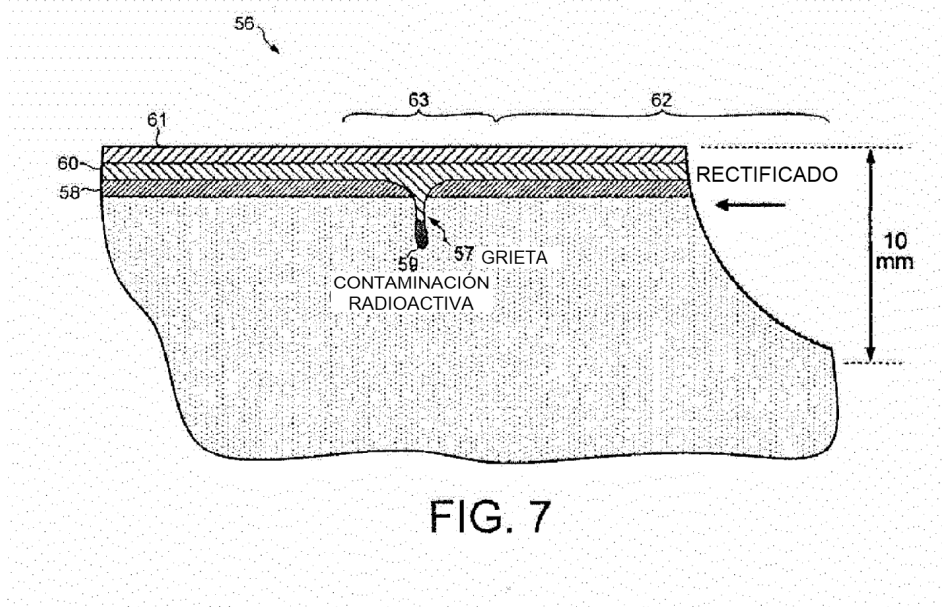
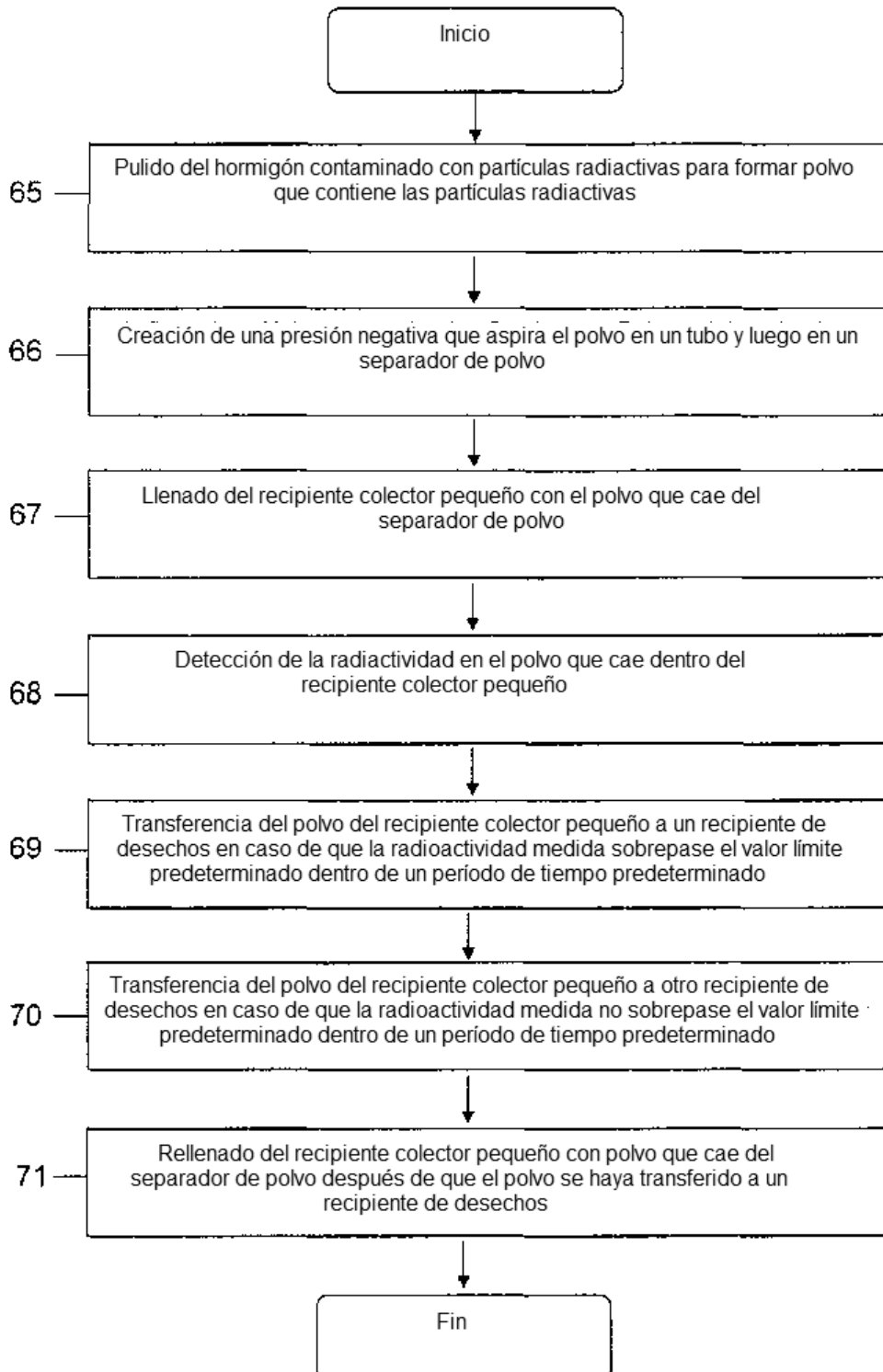


FIG. 6



**Fig. 8**





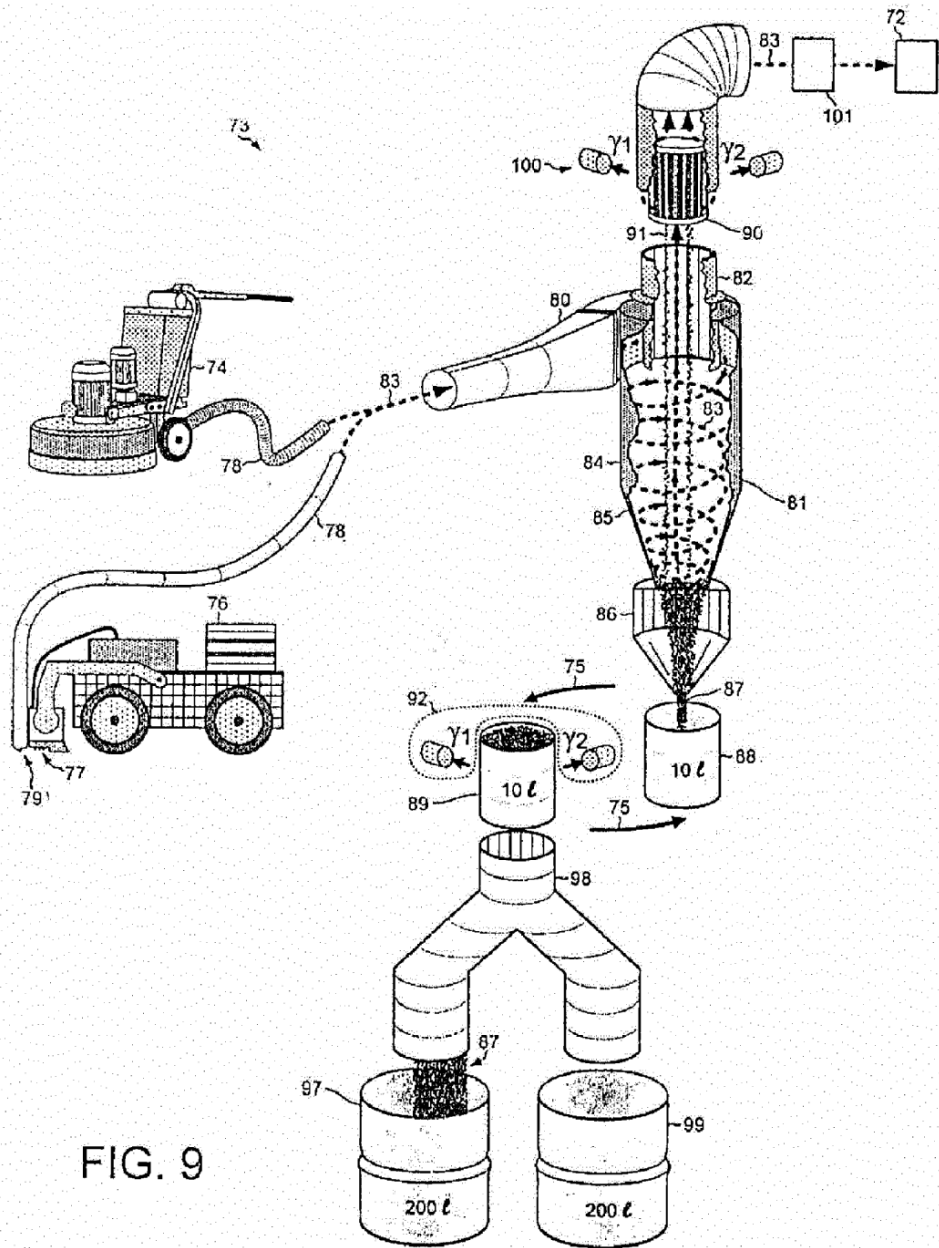


FIG. 9

