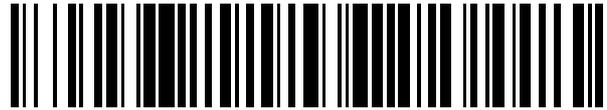


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 424 985**

51 Int. Cl.:

**G01V 5/00** (2006.01)

**G01V 15/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.11.2009 E 09764281 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.05.2013 EP 2356495**

54 Título: **Dispositivo, sistema y procedimiento de seguimiento**

30 Prioridad:

**18.11.2008 GB 0821049**

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

**10.10.2013**

73 Titular/es:

**KROMEK LIMITED (100.0%)  
NetPark Incubator Thomas Wright Way  
Durham, Sedgefield TS21 3FD, GB**

72 Inventor/es:

**RADLEY, IAN;  
BASU, ARNAB y  
ROBINSON, MAX**

74 Agente/Representante:

**DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto**

**ES 2 424 985 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

Dispositivo, sistema y procedimiento de seguimiento

5 La invención se refiere a un dispositivo para permitir el seguimiento y la verificación de la identidad de una fuente de radioisótopos en el tiempo, en particular, dentro de un contenedor que define un recinto blindado contra la radiación, a un sistema que emplea dicho dispositivo, y a un procedimiento de seguimiento y verificación de una fuente de radioisótopos en el tiempo.

10 Las fuentes de radioisótopos encuentran una diversidad de aplicaciones, por ejemplo, como fuentes de radiación para uso médico y, por ejemplo, para radiografía para el tratamiento de pacientes con cáncer, como irradiadores para conservar los alimentos, en radiografía industrial como un procedimiento de control de calidad de estructuras fabricadas y soldadas, para la generación termoeléctrica de electricidad y para otros propósitos.

15 La manipulación y el transporte de las fuentes de radioisótopos a través de la cadena de suministro, uso y eliminación plantean amenazas potenciales para el medio ambiente, la salud y la seguridad. Es deseable un seguimiento preciso de la ubicación de los isótopos. Se ha informado que más de 300 fuentes radiactivas se extravían cada año (Tracking Radioactive Sources in Commerce, F. T. Sheldon & R. M. Walker et al, Conferencia WM'05, 27 Febrero - 3 Marzo de 2005, Tucson, AZ). Esta pérdida de material radiactivo plantea una amenaza de salud ambiental y seguridad y también una amenaza de seguridad.

20 Un sistema eficaz para realizar un seguimiento y una supervisión de las fuentes de radioisótopos incrementará la seguridad de los transportes radiactivos y ayudará a prevenir la pérdida accidental o ilegal de fuentes. Los procedimientos para el seguimiento de activos y personal que usan dispositivos de RFID son conocidos y los recientes avances son el resultado de la evolución de la electrónica, las comunicaciones inalámbricas y los sistemas de posicionamiento global. Dichos sistemas se usan ampliamente, por ejemplo, en el seguimiento global de contenedores de transporte. En un posible ejemplo de la aplicación de RFID al seguimiento de radioisótopos, un sistema puede usar etiquetas de RFID fijadas a los contenedores de radioisótopos para llevar a cabo un seguimiento de la ubicación del contenedor.

25 Dicho un sistema de seguimiento se presenta en el artículo "RadSTraM: Radiological Source Tracking and Monitoring, Phase 2, Final Report", publicado por Oakridge National Laboratory el 26 de Enero de 2007.

30 Describe un sistema de seguimiento y supervisión de fuentes radiológicas, y cajas para su uso en dicho un sistema, cuyas cajas tienen fijados módulos de RFID, externos al volumen encerrado, que incluyen disposiciones adecuadas de antenas para la comunicación con un procesador central y una base de datos para llevar a cabo un seguimiento de una pluralidad de dichas cajas. Una caja define un recinto que comprende un volumen completamente cerrado, completamente blindado radiológicamente, para la fuente. Este recinto materializa un blindaje radioactivo realizado en o revestido con un material metálico denso que define un volumen que constituye una jaula de Faraday aislada radiológicamente del entorno exterior.

35 Sin embargo, no hay ningún detector de radiación en el interior de la caja que contiene la fuente, y en el interior del entorno blindado contra la radiación en la misma.

40 Sin embargo, los contenedores de radioisótopos presentan una serie de problemas muy diferentes a los contenedores de transporte, y no meramente consideraciones de escala. En general, es necesario que un radioisótopo esté contenido dentro de un recinto o cápsula adecuado para una manipulación segura, por ejemplo, en una instalación médica, tal como un hospital y, por lo tanto, no habrá ninguna posibilidad de transmisión de una señal de radio desde el interior. Cualquier dispositivo de RFID que pudiera ser usado tendría que transmitir desde el exterior. Por lo tanto, una limitación importante en los sistemas de RFID para el seguimiento de radioisótopos mediante el uso de etiquetas de RFID es que los dispositivos de RFID están fijados a los contenedores y sólo proporcionan una indicación de la ubicación del contenedor. No es posible verificar que los contenidos del contenedor dentro del recinto blindado contra la radiación están como deberían estar sin abrir el contenedor para llevar a cabo una inspección de la fuente de radioisótopos. Esto limita la eficacia del sistema de seguimiento en relación al seguimiento de las propias fuentes de radioisótopos, ya que la verificación de los contenidos de radioisótopos, en contraposición a la mera verificación del contenedor, requiere necesariamente comprometer la protección contra radiación proporcionada por el recinto. Un sistema que verifique tanto el contenedor con recinto como los contenidos encerrados sin comprometer la protección contra la radiación es preferible

50 De esta manera, según un primer aspecto de la invención, un dispositivo de seguimiento para su uso con un material radiactivo comprende:

- un detector de radiación asociable con un material radiactivo en el sentido de que está adaptado para ser colocado durante el uso dentro de un contenedor para contener un material radioactivo en un volumen

cerrado blindado contra la radiación, para detectar la actividad de la radiación desde el material en el volumen cerrado;

- un módulo de identificación por radiofrecuencia asociable con un contenedor para contener un material radiactivo, que comprende al menos:

- 5           - un registro de datos para almacenar un código único de identificación de producto,
- un procesador con un enlace de transferencia de datos para cada uno de entre el detector de radiación y el registro de datos para recibir y procesar un flujo de datos en tiempo real de datos de actividad desde el detector y asociar estos con el código único de identificación de producto en un paquete de datos procesado,
- 10          - una antena para permitir la transmisión de un elemento de datos, que comprende tanto el código único de identificación de producto como los datos de actividad procesados, a un medio de captura de datos remoto,
- en el que al menos la antena está adaptada para ser colocada durante el uso en asociación mecánica con un contenedor pero fuera del volumen cerrado blindado contra la radiación.

15   Un dispositivo de seguimiento según la invención está destinado, en particular, para su uso con una fuente de isótopos radiactivos contenida dentro de un recinto adecuado, que está diseñado para permitir su manipulación segura al contener la radiación en un volumen cerrado y al prevenir que la radiación sea transmitida al entorno exterior desde el volumen cerrado. Este contenedor comprende un blindaje contra la radiación para definir, cuando está cerrado, un recinto blindado contra la radiación, sustancialmente aislado radiológicamente del entorno externo.

20   Hay provisto un detector de radiación para su asociación con una fuente de radioisótopos y, en particular, para su colocación en un recinto adaptado para contener dicha una fuente de radioisótopos para detectar la radiación. Hay provistos medios adicionales que comprenden elementos de un módulo de identificación por radiofrecuencia. El módulo de identificación por radiofrecuencia comprende un registro de datos que almacena un código único de identificación de producto que sirve para identificar, de manera única, un material radiactivo con el que está asociado y, en el caso particular de un contenedor al que está fijado o con el que está formado de manera integral,

25   y una antena para permitir que éste sea recuperado al ser interrogatorio por, y/o transmitido a, un medio de captura de datos remoto. Hasta ese punto, el módulo de identificación por radiofrecuencia funciona en una manera similar a una etiqueta de RFID convencional.

30   Sin embargo, al menos la antena del módulo de identificación por radiofrecuencia está adaptada para ser colocada en asociación mecánica con un contenedor, pero fuera de un volumen contenido y, por lo tanto, fuera del volumen encerrado blindado contra la radiación, pero el módulo de identificación por radiofrecuencia comprende, además, capacidad de procesamiento con un primer enlace de datos al detector para recibir los datos de actividad transmitidos dinámicamente durante el uso desde el detector en el interior del volumen encerrado blindado contra la radiación. El procesador tiene un enlace de datos adicional al registro de datos, por ejemplo, en el sentido de que el

35   registro de datos es integral con el procesador en un único circuito integrado o medio similar. Esto permite que el procesador co-procese el código único de identificación con los datos de actividad transmitidos dinámicamente y genere un elemento de datos que combine tanto el código único de identificación como los datos de actividad. La antena asociada con el módulo de identificación por radiofrecuencia permite la transmisión de este elemento de datos de combinación a unos medios de captura de datos remotos, por ejemplo, cuando dichos medios de captura de datos remotos interrogan al dispositivo.

40

En los sistemas de la técnica anterior, que se basan en una etiqueta de RFID que tiene solo una identificación única del producto, puede realizarse un seguimiento de la etiqueta mediante la provisión de un sistema central de seguimiento adecuado, y medios de recuperación de datos y medios de comunicación adecuados. Sin embargo, fundamentalmente, esto constituye sólo un seguimiento de la etiqueta. Si la etiqueta está asociada con un

45   contenedor, entonces puede realizarse un seguimiento del contenedor. Sin embargo, la etiqueta de RFID por sí sola no proporciona ninguna manera de determinar si el contenido del contenedor permanece tal como se espera, y permanece sin problemas, etc.

Un detector de radiación convencional solo permite la detección de radiación, por ejemplo, si hay fugas de radiación desde un contenedor, o si un contenedor es abierto para verificar su contenido, o si una fuente no está contenida,

50   pero no permite, generalmente, el seguimiento dinámico de contenedores sellados cuando el propósito real del contenedor es encerrar una fuente y blindar la radiación en el volumen cerrado del entorno externo, y cuando el recinto está inherentemente comprometido por o en cualquier situación que podría permitir la detección externa de la radiación.

Sin embargo, en virtud de una combinación según la invención, un código único de identificación de producto

5 asociado fundamentalmente con la fuente de material radiactivo y, preferiblemente, con una fuente contenida en un contenedor, en la forma de un módulo de identificación asociado con la fuente y, por ejemplo, fijado a, o integral con, el contenedor, puede ser combinado con una supervisión dinámica de la actividad dentro del entorno cerrado y blindado en el interior del contenedor atribuible a la fuente de radioisótopos almacenada. Mediante la provisión de una base de datos adecuada, y medios de captura de datos adecuados para permitir que los datos sean transmitidos a un sistema central de seguimiento adecuado que tiene esa base de datos, es posible combinar, en tiempo real, una capacidad de seguimiento de los contenedores y una capacidad de verificar su contenido, en particular, sin necesidad de interferir con esos contenidos o abrir directamente el contenedor, y sin apartarse fundamentalmente de los principios generales empleados para los sistemas con una capacidad de seguimiento.

10 El detector de radiación está adaptado para ser colocado dentro de un contenedor para material radiactivo que, por ejemplo, define un volumen blindado durante el uso que comprende un entorno de alta radiación, para detectar la actividad de la radiación dentro del contenedor. De manera conveniente, otros componentes, por ejemplo, que comprenden algunos o la totalidad de los elementos que constituyen el módulo de identificación por radiofrecuencia, y que comprenden, al menos, la antena, están adaptados para ser colocados en asociación mecánica con un contenedor, pero fuera de un volumen contenido, blindado contra la radiación y cerrado, durante el uso, que comprende un entorno de baja radiación.

15 Esto resuelve, de manera admirable, los problemas altamente específicos planteados por el transporte de fuentes radiactivas encerradas, por ejemplo, en un centro médico, tal como un hospital, que no se encuentran cuando se emplea un seguimiento con RFID para los materiales contenidos, tal como, por ejemplo, con contenedores de transporte a gran escala.

20 A diferencia del caso en el que los contenedores de transporte podrían transportar material radiactivo, tal como un contaminante o contrabando, el propósito del recinto es transportar una pequeña fuente de material radiactivo, a propósito, en un volumen cerrado de una manera blindada a la radiación, de manera que no permita que se escape radiactividad alguna del volumen cerrado. Se desprende que el recinto constituye, probablemente, una jaula de Faraday y que cualquier dispositivo de RFID que pudiera ser usado deberá comunicarse desde el exterior del volumen cerrado. Sin embargo, se deduce también que la provisión de un detector de radiación fuera del volumen cerrado, tal como podría considerarse, por ejemplo, para detectar la transferencia no autorizada de radiación en contenedores inadecuados, no es aplicable ya que durante el uso normal no debería haber ninguna fuga de radiación fuera del volumen cerrado.

25 Estos requisitos aparentemente contradictorios se cumplen mediante la presente invención, en la que el detector está colocado durante el uso en el interior del volumen cerrado y blindado que contiene también la fuente durante el uso, pero el módulo de RFID, o al menos su antena, está fuera, y en la que hay provista una conexión de datos entre los mismos para pasar datos entre el detector y el módulo de RFID para permitir que la información sea pasada desde el interior del volumen cerrado a la antena fuera del volumen cerrado.

30 Los datos pueden indicar si el isótopo está o no en el interior del contenedor y/o si es o no el isótopo correcto. Esto plantea problemas específicos que no están asociados con las soluciones en las que se usa un detector externo o una etiqueta totalmente externa, tal como podría conocerse, por ejemplo, en un seguimiento a mayor escala de contenedores de transporte a mayor escala y en la detección de radiación de contrabando. Por ejemplo, las adaptaciones particulares de la invención requerirán electrónica de control dentro y fuera del recinto, planteando problemas en relación a cómo va a ser alimentado cada uno de estos circuitos. También tiene importancia el hecho de que cualquier componente electrónico en el interior del recinto tendrá que ser protegido o blindado contra la radiación. El contacto eléctrico y de comunicaciones a través de la pared del recinto no debe comprometer su sello anti-radiación y, por ejemplo, requerirá al menos una trayectoria no lineal. Estos son requisitos muy específicos para esta aplicación particular y no son un problema relacionado con el seguimiento o la detección de radiación de contrabando en contenedores de transporte.

35 De manera conveniente, al menos el registro de datos, el procesador y la antena están asociados entre sí, de manera compacta, en una única unidad de identificación por radiofrecuencia. Por ejemplo, algunos o la totalidad de dichos componentes pueden comprender una única unidad electrónica integrada, de estado sólido. Preferiblemente, la unidad de identificación por radiofrecuencia comprende una carcasa que define unos medios de fijación para la fijación, de manera desmontable o permanente, de la unidad a un contenedor blindado contra la radiación en el exterior del volumen blindado contra la radiación, tal como una etiqueta de identificación por radiofrecuencia. De manera alternativa, la unidad o sus partes constitutivas pueden estar formadas integralmente como parte de dicho contenedor.

40 Para muchas aplicaciones prácticas, el dispositivo de seguimiento comprenderá además, preferiblemente, o estará adaptado para su uso con, una fuente de energía para alimentar una o más de entre la unidad de identificación, el procesador, la antena y el detector. Preferiblemente, la fuente de alimentación es portátil, de manera que el

5 dispositivo puede funcionar sin necesidad de una conexión a una red de alimentación. Preferiblemente, el dispositivo comprende o está adaptado para ser usado con una fuente de alimentación portátil, que comprende, por ejemplo, una batería o una célula de combustible de hidrógeno. Una única fuente de alimentación puede alimentar todos los elementos del dispositivo remoto que requieren una alimentación independiente. Por ejemplo, los componentes del módulo de identificación por radiofrecuencia pueden comprender un dispositivo activo o semi-activo. La fuente de alimentación puede alimentar, además, el detector. El detector puede tener su propia fuente de alimentación.

En un aspecto más completo de la invención, un contenedor rastreado para el almacenamiento y el transporte de material radiactivo comprende:

- 10 – un recinto de material de blindaje radiactivo que define un volumen cerrado blindado en el que un material radiactivo puede ser contenido, y
- un dispositivo de seguimiento, tal como se ha descrito anteriormente, asociado mecánicamente con el contenedor de manera que al menos el detector esté dentro del volumen cerrado blindado, y de manera que el resto del dispositivo está en asociación mecánica directa con el contenedor y que al menos la
- 15 antena está fuera del volumen cerrado blindado.

El contenedor comprende un recinto o cápsula adecuado para una manipulación segura de una fuente radiactiva, por ejemplo, en una instalación médica, tal como un hospital. El contenedor comprende un recinto blindado contra la radiación, adecuado para contener dicho un material radiactivo de una manera cerrada y blindada a la radiación. El recinto está configurado de manera que no permite que escape radiactividad alguna. Por ejemplo, el recinto está

20 realizado en, o al menos está revestido con, un material metálico denso, tal como plomo.

Al menos la antena está asociada con el contenedor fuera del volumen blindado contra la radiación. En una realización preferida, al menos el registro de datos, el procesador y la antena están asociados con el contenedor fuera del volumen cerrado blindado contra la radiación y, en consecuencia, fuera del entorno sometido a una alta intensidad de radiación desde la fuente contenida durante el uso. Por ejemplo, al menos estos componentes

25 pueden estar montados en una superficie del contenedor o pueden estar incorporados en la estructura del contenedor para estar dispuestos en el exterior del volumen blindado contra la radiación. Al menos estos componentes pueden estar asociados entre sí, de manera compacta, en una única unidad de identificación por radiofrecuencia, que comprende opcionalmente una carcasa que define medios de fijación mediante los cuales la unidad es fijada al contenedor como una etiqueta de identificación por radiofrecuencia.

30 Esta disposición es particularmente preferida debido a que los dos componentes activos del dispositivo combinado funcionan mejor en diferentes entornos. El módulo procesador y transpondedor de identificación por radiofrecuencia funciona mejor fuera de un entorno de alta radiación. Más particularmente, la antena sólo funciona de manera efectiva fuera del volumen cerrado, ya que el recinto es un blindaje contra la radiación y, por lo tanto, normalmente está realizado en, o al menos está revestido con, un material metálico denso que constituirá una jaula de Faraday.

35 Por lo tanto, al menos la antena y, en el caso preferido, la totalidad del módulo procesador y transpondedor de identificación por radiofrecuencia, está fuera del entorno blindado de alta radiación definido por el volumen cerrado del contenedor.

Por el contrario, el detector no está destinado a detectar la actividad de la radiación fuera del entorno blindado para proporcionar una indicación de un fallo de aislamiento, sino que está destinado a detectar la radiación rutinaria en todo momento desde el interior entorno blindado, para proporcionar un medio de identificación del material contenido sin requerir el acceso al volumen cerrado blindado, y se requiere que esté en el interior del entorno de alta radiación específicamente para detectar la radiación atribuible a una fuente contenida. La invención no se refiere a la detección de una radiación no intencionada externamente como una simple medida de seguridad, sino a la detección y a la caracterización de la radiación prevista internamente para la verificación específica de los

40 contenidos. Por lo tanto, el detector debe estar en el interior del entorno blindado de alta radiación en el volumen cerrado, junto con la fuente durante el uso.

El enlace de datos permite que los datos de actividad sean transmitidos a un procesador y una antena fuera del entorno blindado desde un detector en el interior del entorno blindado, según sea necesario y, por lo tanto, permite que una señal de verificación sea tratada desde el exterior del entorno blindado de alta radiación que está basado,

50 en parte, en una verificación en tiempo real de los contenidos en el interior del entorno blindado de alta radiación (a partir de la firma de radiación detectada en el mismo), sin comprometer el blindaje contra la radiación del recinto.

En un aspecto adicional más completo de la invención, un sistema para el seguimiento de al menos una fuente de material radiactivo comprende:

- al menos un dispositivo de seguimiento, tal como se ha descrito anteriormente, asociado con dicha una

fuelle de material radiactivo y/o al menos un contenedor blindado contra la radiación, tal como se ha descrito anteriormente, adecuado para contener dicho un material radiactivo de una manera cerrada y blindada contra la radiación;

- 5 – un sistema de gestión de material radiactivo que incluye al menos una base de datos, teniendo la al menos una base de datos un conjunto de registros de datos electrónicos almacenados en la misma que proporcionan una referencia asociativa entre un código único de identificación y un comportamiento esperado de la actividad radiactiva para al menos una, y preferiblemente cada, fuente de material radiactivo;
- 10 – medios de captura de datos para capturar un elemento de datos que incluye el código único de identificación de producto y los datos de actividad procesados desde un dispositivo de seguimiento cada cierto tiempo, y para pasar los datos al sistema de gestión;
- 15 – en el que el sistema de gestión está adaptado para hacer uso del código único de identificación de producto recibido de esta manera para identificar el primer conjunto de registros de datos electrónicos almacenados en la base de datos mediante la asociación con ese código, para realizar una comparación de los datos de actividad recibidos asociados con ese código único de identificación de producto y los datos de actividad pronosticados desde la base de datos, y para proporcionar un resultado de esa comparación como una verificación del material radiactivo.

20 En un sistema típico, hay provistos una gran pluralidad de dispositivos de seguimiento, tal como se ha descrito anteriormente, cada uno asociado con una fuente de material radiactivo y/o con un contenedor, tal como se ha descrito anteriormente, adecuado para contener dicha una fuente de material radiactivo, en el que cada uno de los registros de datos de los módulos de identificación por radiofrecuencia de cada uno de dichos dispositivos está provisto de un código único de identificación de producto. Entonces, la al menos una base de datos comprenderá, preferiblemente, un conjunto de registros de datos electrónicos almacenados que proporcionan una referencia asociativa entre cada código único de identificación y un comportamiento esperado de actividad radiactiva para cada fuente asociada.

25 De esta manera, el sistema de seguimiento central puede realizar un seguimiento de la ubicación de cada fuente/contenedor y comparar la fecha de actividad con el nivel de actividad pronosticado determinado a partir del conocimiento de la supuesta fuente/ contenido del contenedor y, en particular, a partir del tiempo transcurrido, la vida media, etc. Si el nivel de actividad real no se corresponde con el nivel de actividad pronosticado a partir de los datos de vida media, entonces puede suponerse que el material fuente está comprometido, por ejemplo, se ha extraviado del contenedor, o es el radioisótopo incorrecto. El sistema central de seguimiento, después de haber identificado dicho fallo de verificación, conoce la ubicación del contenedor y puede iniciar una acción apropiada para investigar la discrepancia.

30 Si el nivel de actividad medido se corresponde con el nivel de actividad pronosticado, entonces el sistema central de seguimiento puede confirmar que el radioisótopo correcto está en el contenedor y la posición correctos.

35 En un sistema posible, una pluralidad de unidades de captura de datos automatizadas y/u operadas por usuario pueden estar provistas para capturar datos desde los dispositivos de seguimiento en una pluralidad de ubicaciones distribuidas remotamente, en el que algunas o la totalidad de las unidades de captura de datos son remotas con respecto al sistema de gestión, y están en comunicación remota con el mismo. De esta manera, puede realizarse un seguimiento de una pluralidad de fuentes en o a través de una pluralidad de ubicaciones remotas.

40 En un sistema posible, lo indicado anteriormente puede estar incorporado en un control de acceso a zona, tal como un control de acceso a un edificio, por ejemplo, en el que las unidades de captura de datos pueden estar provistas para capturar datos desde los dispositivos de seguimiento en los lugares de acceso controlado a una zona/edificio y, de esta manera, se puede identificar cuándo un material de fuente radiactiva entra o sale de la zona/edificio.

45 Entonces, con protocolos de control adecuados, es posible, por ejemplo:

permitir la entrada sólo a aquellas zonas autorizadas para manipular el radioisótopo y sólo con personal capacitado en la manipulación del radioisótopo;

prohibir la entrada del radioisótopo en zonas no autorizadas o la entrada con personal no autorizado; o

prohibir que una persona y/o un isótopo salgan de una zona.

50 De manera conveniente, el sistema de gestión de materiales radiactivos está adaptado para proporcionar un resultado de una verificación de datos en la forma de un resultado de dos estado o pasa/no pasa que indica si el contenido del contenedor asociado con el código único de identificación de producto recibido corresponde o no a la

actividad esperada almacenada en la base de datos, por ejemplo, dentro de unos límites de tolerancia predeterminados.

5 Cuando el contenido de un contenedor de radioisótopos es verificado por una tasa de recuento del detector para determinar la actividad dentro del contenedor, los datos de actividad medidos pueden ser registrados por el sistema de gestión de materiales radiactivos para actualizar los cálculos de actividad de la vida media.

10 La comunicación entre el dispositivo de seguimiento y el sistema de gestión de materiales radiactivos y, en su caso, entre las unidades remotas de captura de datos y los dispositivos de seguimiento y el sistema de gestión de materiales radiactivos es, preferiblemente, inalámbrica, en la que la comunicación se realiza mediante medios conocidos de comunicación inalámbrica. De manera alternativa, por ejemplo, especialmente en el caso de la comunicación entre el sistema de gestión y las unidades de captura de datos, la comunicación puede ser por cable.

El detector puede estar adaptado para trabajar en modo continuo, para realizar una detección a intervalos de tiempo fijos, o para realizar una detección cuando la unidad de identificación es interrogada por una unidad de captura de datos remota.

15 Con el fin de que el detector conserve energía para aumentar la vida de la fuente de alimentación portátil, preferiblemente, solo se realiza una tasa de recuento, para determinar la actividad, cuando un contenedor está cerrado y sellado.

20 Preferiblemente, el detector comprende un elemento detector fabricado en un material o unos materiales semiconductores seleccionados para exhibir inherentemente, como una propiedad directa del material, una respuesta eléctrica variable directa y, por ejemplo, fotoeléctrica, a la fuente de radiación. Por ejemplo, el material semiconductor es un semiconductor de banda prohibida directa ancha.

25 En un caso preferido, el material semiconductor que constituye el elemento detector comprende, preferiblemente, un material que tiene una alta absorción de rayos gamma, de manera que un detector de tamaño relativamente pequeño, por ejemplo, menor de  $5 \text{ cm}^3$  y, preferiblemente, menor de  $1 \text{ cm}^3$ , todavía puede proporcionar una buena tasa de recuento de actividad. Esto permite mantener el detector pequeño. Esto significa, particularmente en el caso de la realización preferida en la que los componentes del módulo de identificación por radiofrecuencia están asociados entre sí, de manera compacta, en una única unidad compacta, que el dispositivo de seguimiento de la invención necesita un espacio relativamente pequeño. Generalmente, cuando el dispositivo de seguimiento se usa con un contenedor y, en particular, cuando al menos el detector está dentro del contenedor, no es deseable que el dispositivo de seguimiento/detector sea demasiado grande. Un contenedor define un volumen blindado en el que un material fuente de radioisótopos puede ser colocado, que está realizado, típicamente, en un material denso y/o caro. Cualquier cosa que aumente el tamaño del contenedor es indeseable. Un dispositivo de seguimiento compacto según la presente invención, con un detector compacto fabricado en un material denso, reduce este problema.

35 Preferiblemente, el elemento detector comprende un material o materiales semiconductores formados como un cristal a granel y, por ejemplo, como un único cristal a granel (donde cristal a granel, en este contexto, indica un espesor de al menos  $500 \mu\text{m}$  y, preferiblemente, de al menos  $1 \text{ mm}$ ).

40 Preferiblemente, los materiales que componen el elemento detector semiconductor se seleccionan de entre telururo de cadmio, telururo de cadmio zinc (CZT), telururo de cadmio manganeso (CMT), germanio, bromuro de lantano, bromuro de torio. Los semiconductores de los grupos II-VI y especialmente los indicados, son particularmente preferidos en este sentido.

Preferiblemente, los materiales que componen el elemento detector semiconductor se seleccionan de entre telururo de cadmio, telururo de cadmio zinc (CZT), telururo de cadmio manganeso (CMT) y sus aleaciones, y comprenden, por ejemplo,  $\text{Cd}_{1-(a+b)}\text{Mn}_a\text{Zn}_b\text{Te}$  cristalina, donde  $a+b < 1$  y  $a$  y/o  $b$  pueden ser cero.

45 Un detector según la invención puede comprender un único elemento detector o una pluralidad de elementos detectores discretos que conforman un sistema de múltiples elementos. Un detector puede no tener resolución espacial, el cual cuenta solamente la actividad radiológica, o un detector puede ser capaz de resolver espacialmente la radiación incidente.

50 Un sistema según la invención comprende diversos módulos de procesamiento de datos y de almacenamiento de datos que realizan diversas funciones de procesamiento de datos y de almacenamiento de datos. En general, se entenderá que un módulo de procesamiento de datos de la invención puede comprender, y que la función de almacenamiento de datos de la invención puede ser implementada por, un conjunto adecuado de instrucciones o código legibles por máquina. Estas instrucciones legibles por máquina pueden ser cargadas en un ordenador de propósito general, un ordenador de propósito especial u otro aparato programable de procesamiento de datos. Por

ejemplo, el sistema de gestión de material radiactivo y/o su al menos una base de datos pueden estar provistos de dichas instrucciones legibles por máquina cargadas en un aparato de procesamiento de datos programable adecuado.

5 Estas instrucciones legibles por máquina pueden ser almacenadas también en un medio legible por ordenador que puede dirigir un ordenador u otro aparato de procesamiento de datos programable para que funcione de una manera particular, de manera que las instrucciones almacenadas en un medio legible por ordenador produzcan un artículo de fabricación que incluya medios de instrucción para comprender algunos o todos los elementos del sistema de seguimiento de la invención y, en particular, del sistema de gestión de materiales radiactivos. Las instrucciones de programa informático pueden ser cargadas también en un ordenador u otro aparato programable 10 para producir una máquina capaz de implementar un procedimiento ejecutado por ordenador, de manera que las instrucciones se ejecuten en el ordenador u otro aparato programable que proporciona algunos o todos los elementos del sistema de seguimiento de la invención y, en particular, del sistema de gestión de materiales radiactivos de la invención. Se entenderá que un sistema de seguimiento puede comprender cualquier combinación adecuada de hardware de propósito especial y/o instrucciones de programa informático en un aparato de procesamiento de datos programable. 15

En un aspecto adicional de la invención, se proporciona un procedimiento de seguimiento y verificación de una fuente de material radiactivo y, más preferiblemente, de una pluralidad de dichas fuentes, en el tiempo, comprendiendo el procedimiento:

- 20 – asociar un detector de radiación con un material radiactivo, mediante la colocación de un detector de radiación dentro de un contenedor, en un volumen cerrado blindado contra radiaciones en el que está contenido el material radiactivo;
- asociar un módulo de identificación por radiofrecuencia con un material radiactivo en comunicación de datos con el detector de radiación, cuyo módulo comprende al menos un registro de datos para almacenar un código único de identificación de producto, un procesador para recibir y procesar un flujo de datos de 25 los datos de actividad desde el detector y asociar este con el código único de identificación de producto, y una antena, de manera que al menos la antena esté colocada en asociación mecánica con un contenedor pero fuera del volumen cerrado blindado contra la radiación;
- hacer funcionar el procesador para producir un elemento de datos que comprende tanto el código único de identificación de producto como los datos de actividad procesados;
- 30 – recuperar el elemento de datos mediante unos medios de captura de datos remotos;
- pasar el elemento de datos a un sistema de gestión de material de fuente radiactiva que incluye al menos una base de datos que tiene un conjunto de registros de datos electrónicos almacenados en la misma que proporciona una referencia asociativa entre un código único de identificación y un comportamiento esperado de actividad radiactiva para cada fuente de material radiactivo;
- 35 – para cada elemento de datos transmitido de esta manera, usar el código único de identificación de producto recibido por el sistema de gestión para identificar el primer conjunto de registros de datos electrónicos almacenados en un conjunto de datos por asociación con ese código;
- comparar los datos de actividad pronosticados a partir de la base de datos con los datos de actividad recibidos, por ejemplo, dentro de unos límites de tolerancia predeterminados;
- 40 – proporcionar el resultado de esa comparación como una verificación de la fuente de material radiactivo.

En una realización preferida, hay provistos una pluralidad de dispositivos de seguimiento, cada uno asociado con una fuente de material radiactivo individual, colocados en asociación mecánica con y, por ejemplo, en un contenedor que encierra dicha una fuente individual de una manera blindada contra la radiación.

45 Un procesador de un módulo de identificación puede funcionar para procesar los datos de actividad y de identificación, tal como se ha descrito anteriormente de manera continua, de manera periódica durante un intervalo de tiempo establecido, o cuando es interrogado por unos medios remotos de captura de datos como parte de la etapa de captura de datos. Cuando un sistema comprende múltiples dispositivos de seguimiento y/o múltiples medios de captura de datos, el procedimiento puede ser realizado de manera periódica o continua, por un procedimiento automatizado bajo el control del usuario, en base a la proximidad de un detector a unos medios de 50 captura de datos, o si no según se desee.

Por lo tanto, particularmente, el procedimiento es un procedimiento de uso de un dispositivo y un sistema de seguimiento, tal como se ha descrito anteriormente, y otras características preferidas del procedimiento se

entenderán por analogía.

Ahora, la invención se describirá, a modo de ejemplo solamente, con referencia a la Figura 1 adjunta, que es un esquema general de un posible sistema de seguimiento que funciona según una realización de la invención, y que hace uso de un dispositivo de seguimiento según una realización de la invención.

5 La Figura 1 ilustra un esquema simple de un sistema de seguimiento según la invención, en el que se ilustra un contenedor 1 individual para una fuente de radioisótopos en comunicación con un sistema 21 central de gestión de seguimiento. Por supuesto, se entenderá que, en la práctica, normalmente se proporcionarán una gran pluralidad de dichos contenedores, por ejemplo, sobre los que se realiza un seguimiento desde una ubicación o un pequeño número de ubicaciones centrales de seguimiento.

10 Un contenedor 1 define un volumen 7 blindado, por ejemplo, blindado por un material adecuado en la pared que proporciona un blindaje contra la radiación, en el que está contenida una fuente 14 de radioisótopos, sobre la que es deseable realizar un seguimiento. También dentro del volumen 7, hay provisto un detector 10 que comprende un elemento detector de material semiconductor adecuado, que comprende, en la realización, telururo de cadmio, telururo de cadmio cinc, telururo de cadmio magnesio o alguna combinación de aleación adecuada de los mismos, junto con una electrónica de control adecuada para recibir y procesar la respuesta del semiconductor a la actividad de la radiación dentro del contenedor y para pasar la misma a través del enlace 11 de datos.

15 La estructura precisa de la electrónica de control no es particularmente pertinente para la invención. La selección de materiales es importante, ya que es deseable que el elemento detector sea relativamente pequeño y denso. Los elementos detectores grandes convencionales son poco prácticos en la presente aplicación, ya que un elemento detector grande, que ocupa necesariamente un gran espacio en el volumen 7, requiere que todo el contenedor 1 sea más grande. Esto hace que sea más pesado y más caro, teniendo en cuenta, especialmente, los importantes requisitos de material impuestos por la necesidad del blindaje contra la radiación. Un elemento detector compacto, tal como el ofrecido por el telururo de cadmio, reduce considerablemente el tamaño global del aparato detector, y hace que un detector dentro del volumen contenido sea práctico.

20 Los datos de la actividad de radiación recopilados por la respuesta inherente del elemento detector son pasados a través del enlace 11 de datos a un dispositivo 12 de identificación por radiofrecuencia (RFID) que incluye un código único que identifica el contenedor 1 particular. El dispositivo 12 de RFID está modificado adicionalmente para incluir unos medios de procesamiento que le permiten procesar un flujo de datos en tiempo real a través del enlace 11 de datos desde el detector 10. Este es procesado de manera que los datos únicos de identificación de producto son asociados con el flujo de datos de los datos de actividad en un único paquete de datos transmisible que puede ser pasado, a continuación, a través de la antena 13 a un receptor colocado de manera remota con respecto al contenedor 1, por ejemplo, mediante una transmisión activa o una interrogación por la estación receptora.

25 Una fuente de alimentación, que comprende preferiblemente una fuente de alimentación portátil, tal como una batería o una célula de combustible de hidrógeno, puede estar provista (no mostrada) en o puede estar asociada con el contenedor para alimentar el detector 10. Preferiblemente, el detector se activa sólo cuando el contenedor está lleno y sellado. Esta fuente o una fuente adicional puede alimentar, además, el dispositivo 12 de RFID o sus componentes, tales como el procesador y/o la antena. De esta manera, preferiblemente, el dispositivo 12 de RFID puede ser un dispositivo de RFID activo o semi-activo.

30 Por necesidad, el detector, o al menos el elemento detector, debe estar dentro del volumen 7 blindado con el fin de detectar la actividad de la radiación en el mismo con una fuente 14 de radioisótopos contenida en el volumen 7 blindado. Sin embargo, esto proporciona un entorno generalmente duro electrónicamente y, en consecuencia, es preferible, al igual que en la realización ilustrada, que el dispositivo 12 de RFID y la mayor parte posible de la electrónica de control asociada y el sistema se encuentren fuera del volumen blindado, por ejemplo, en un compartimento separado del contenedor o en su superficie.

35 Los datos desde el dispositivo 12 de RFID, que incluyen tanto los datos únicos de identificación del contenedor como los datos de la actividad de la radiación transmitidos en tiempo real desde el volumen cerrado pueden ser pasados a través de la antena 13 a un sistema 21 de gestión central. Se ilustran dos posibles vías de transmisión. En una realización sencilla, una antena 19 de recepción captura información directamente a un procesador 20 central del sistema 21 central de seguimiento. En un sistema ampliado más práctico, hay provistos múltiples medios 40 16 de captura de datos, que estarán distribuidos, típicamente, de manera remota, con respecto al sistema 21 de gestión central, por ejemplo, en una pluralidad de ubicaciones remotas de supervisión, para capturar datos desde una pluralidad de dispositivos 12 de RFID, y para reenviar los mismos a un sistema de gestión central. Dicha disposición general de los contenedores etiquetados, unidades remotas de captura de datos y sistema central de procesamiento será familiar a los sistemas generales de identificación y seguimiento.

55 Sin embargo, en lo que el sistema según la invención es diferente sustancialmente es en que un paquete de datos

5 transmitido por el dispositivo de RFID y recuperado y procesado, en última instancia, por el procesador 20 central del sistema central de seguimiento incluye no sólo meros datos de identificación, sino también datos de transmisión continua relacionados con la actividad dentro del volumen contenido asociado con el contenedor que tiene esa identificación única. La unidad 20 de procesamiento central incluye un almacén de datos que almacena los datos de actividad pronosticados en una biblioteca de asociación accesible con referencia a un código único de identificación de producto para cada uno de los contenedores dentro del sistema y para cada uno de sus respectivos contenidos. El procesador central incluye un módulo de comparación para comparar los datos de actividad transmitidos de manera continua, en tiempo real, recibidos desde el interior de un contenedor con los datos pronosticados calculados a partir de la información almacenada, y los usa para verificar el contenido. La supervisión y el seguimiento del contenido de un contenedor y, de esta manera, en un sentido más directo, de la fuente radiactiva, como tal, es posible de una manera dinámica, en tiempo real, sin acceder o sin necesidad de examinar los propios contenedores, a través de un procedimiento de transferencia de datos que no tiene una organización más compleja que la de un sistema convencional que proporciona para solo una mera identificación y un seguimiento de los contenedores.

10  
15

**REIVINDICACIONES**

1. Un contenedor (1) rastreable para el almacenamiento y el transporte de material (14) radioactivo, que comprende:
- 5 un recinto con blindaje contra la radioactividad realizado en o revestido con un material metálico denso que define un volumen (7) cerrado blindado que constituye una jaula de Faraday, aislado radiológicamente del entorno exterior en el que puede estar contenido un material radioactivo, y un dispositivo de seguimiento para su uso con un material radioactivo caracterizado por:
- 10 un detector (10) de radiación asociable con un material (14) radiactivo en el sentido de que está adaptado para ser colocado dentro del contenedor (1) para detectar la actividad de la radiación desde el material en el volumen cerrado;
- un módulo (12, 13) de identificación por radiofrecuencia asociado con el contenedor (1), cuyo módulo (12, 13) de identificación por radiofrecuencia comprende al menos:
- 15 un registro de datos para almacenar un código único de identificación de producto, que sirve para identificar, de manera única, un material (14) radioactivo con el que está asociado;
- 20 una antena (13) para permitir la transmisión de un elemento de datos que comprende tanto el código único de identificación de producto como los datos de actividad procesados a unos medios (16) remotos de captura de datos,
- en el que al menos la antena (13) está asociada mecánicamente con un contenedor (1) pero fuera del volumen (7) cerrado blindado contra la radiación.
2. Contenedor rastreable según la reivindicación 1, en el que algunos o todos los elementos (12) distintos de la antena (13) que constituyen el módulo de identificación por radiofrecuencia están asociados mecánicamente con un contenedor (1) pero fuera del volumen (7) cerrado blindado contra la radiación.
- 25 3. Contenedor rastreable según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que al menos el registro de datos, el procesador y la antena están asociados entre sí, de manera compacta, en una única unidad (12, 13) de identificación por radiofrecuencia.
- 30 4. Contenedor rastreable según la reivindicación 3, en el que la unidad de identificación por radiofrecuencia comprende una carcasa que define medios de fijación para fijar, de manera desmontable o permanente, la unidad a un contenedor, como una etiqueta de identificación por radiofrecuencia.
5. Contenedor rastreable según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además una fuente de alimentación portátil para alimentar una o más de entre la unidad de identificación, el procesador, la antena y el detector.
- 35 6. Contenedor rastreable según la reivindicación 5, que comprende una fuente de alimentación portátil en el contenedor para alimentar el detector.
- 40 7. Contenedor rastreable según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el detector (10) comprende un elemento detector fabricado en un material o unos materiales semiconductores seleccionados para exhibir, de manera inherente, como una propiedad directa del material, una respuesta fotoeléctrica variable directa a la fuente de radiación.
8. Contenedor rastreable según la reivindicación 6, en el que los materiales que constituyen el elemento detector semiconductor están formados como un único cristal a granel y se seleccionan de entre telururo de cadmio, telururo de cadmio zinc (CZT), telururo de cadmio manganeso (CMT) y sus aleaciones.
- 45 9. Contenedor rastreable según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además una fuente de material radioactivo dentro del volumen cerrado.
10. Un sistema para el seguimiento de al menos una fuente de material radiactivo que comprende:
- al menos un contenedor rastreable según una de las reivindicaciones 1 a 9;

un sistema (19, 20, 21) de gestión de materiales radioactivos que incluye al menos una base de datos, en el que la al menos una base de datos tiene un conjunto de registros de datos electrónicos que proporcionan una referencia asociativa entre un código único de identificación y un comportamiento esperado de la actividad radioactiva para al menos una y, preferente cada, fuente de material radioactivo;

5 medios (16) de captura de datos para capturar un elemento de datos que incluye el código único de identificación de producto y datos de actividad procesados desde un dispositivo de seguimiento cada cierto tiempo, y para pasar los datos al sistema de gestión;

10 en el que el sistema (19, 20, 21) de gestión está adaptado para hacer uso del código único de identificación de producto recibido, de esta manera, para identificar el primer conjunto de registros de datos electrónicos almacenados en el conjunto de datos mediante la asociación con ese código, para hacer una comparación de los datos de actividad recibidos asociados con ese código único de identificación de producto y los datos de actividad pronosticados desde la base de datos, y para proporcionar un resultado de esa comparación como un verificación del material radioactivo.

11. Sistema según la reivindicación 10, que comprende una gran pluralidad de dispositivos de seguimiento, cada uno asociado con una fuente de material radiactivo y/o con un contenedor adecuado para contener dicha una fuente de material radiactivo, estando provisto cada uno de los registros de datos de los módulos de identificación por radiofrecuencia de cada uno de dichos dispositivos de un código único de identificación de producto.

12. Sistema según una de las reivindicaciones 10 a 11, que comprende además una pluralidad de unidades de captura de datos automatizadas y/u operadas por el usuario para capturar datos desde dispositivos de seguimiento en una pluralidad de ubicaciones distribuidas remotas, en el que algunas o la totalidad de las unidades de captura de datos son remotas con respecto al sistema de gestión, y en comunicación de datos remota con el mismo.

13. Un procedimiento de seguimiento y verificación de una fuente (14) de material radiactivo y, más preferiblemente, de una pluralidad de dichas fuentes, en el tiempo, en el que el procedimiento está caracterizado por:

25 asociar un detector (10) de radiación con un material radiactivo mediante la colocación de un detector de radiación dentro de un contenedor (1) que comprende un blindaje contra la radiación realizado en o revestido con un material metálico denso para definir, cuando está cerrado, un recinto (7) blindado contra la radiación que constituye una jaula de Faraday, aislada radiológicamente del entorno exterior, en el que esta contenido un material radioactivo;

30 asociar un módulo (12, 13) de identificación por radiofrecuencia con un material radioactivo en comunicación de datos con el detector de radiación, cuyo módulo comprende al menos un registro de datos para almacenar un código único de identificación de producto que sirve para identificar, de manera única, un material (14) radioactivo con el que está asociado, un procesador para recibir y procesar un flujo de datos de los datos de actividad desde el detector y asociar este con el código único de identificación de producto, y una antena, de manera que al menos la antena (13) está colocada en asociación mecánica con un contenedor (1) pero fuera del volumen (7) cerrado blindado contra la radiación;

hacer funcionar el procesador para producir un elemento de datos que comprende tanto el código único de identificación de producto como los datos de actividad procesados;

recuperar el elemento de datos a través de unos medios (16) remotos de captura de datos;

40 pasar el elemento de datos a un sistema (19, 20, 21) de gestión de fuentes radiactivas que incluye al menos una base de datos que tiene un conjunto de registros de datos electrónicos almacenados en la misma que proporcionan una referencia asociativa entre un código único de identificación y un comportamiento esperado de la actividad radiactiva para cada fuente de radioisótopos;

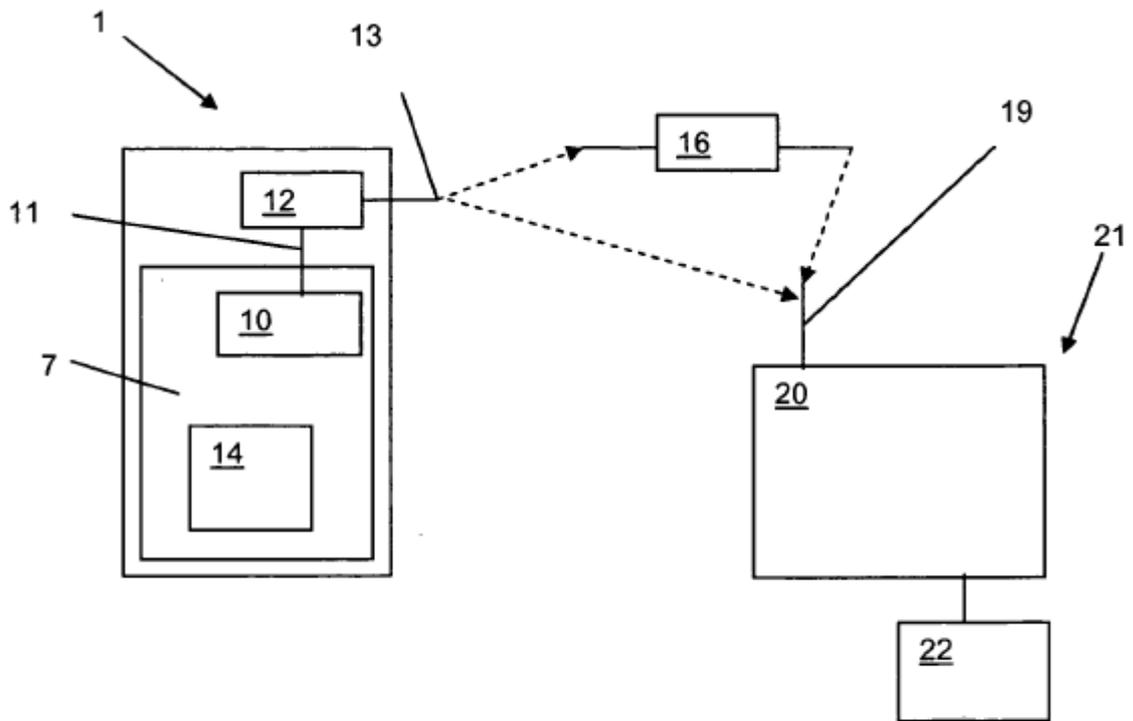
45 para cada elemento de datos transmitido de esta manera, usar el código único de identificación de producto recibido por el sistema de gestión para identificar el primer conjunto de registros de datos electrónicos almacenados en un conjunto de datos por asociación con ese código;

comparar los datos de actividad pronosticados a partir de la base de datos con los datos de actividad recibidos, por ejemplo, dentro de unos límites de tolerancia predeterminados;

proporcionar el resultado de esa comparación como una verificación de la fuente de material radiactivo.

14. Procedimiento según la reivindicación 13, en el que hay provistos una pluralidad de dispositivos de seguimiento, cada uno asociado con una fuente de material radiactivo individual.

15. Procedimiento según la reivindicación 13 ó 14, en el que hay provistos una pluralidad de medios de captura de datos remotos, y los datos son recogidos en una pluralidad de ubicaciones.



**Figura 1**