

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 536 187**

51 Int. Cl.:

G01N 23/221 (2006.01)

G01N 23/00 (2006.01)

G01V 5/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.08.2008 E 08163023 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.04.2015 EP 2031380**

54 Título: **Sistema y método para la identificación de radioisótopos**

30 Prioridad:

30.08.2007 US 847602

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

21.05.2015

73 Titular/es:

**EXELIS INC. (100.0%)
1650 Tysons Boulevard, Suite 1700
McLean, VA 22102, US**

72 Inventor/es:

KAYE, ANTHONY

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 536 187 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

Sistema y método para la identificación de radioisótopos

Antecedentes de la invención

5 La presente invención está dirigida a la detección de materiales radiactivos que puedan encontrarse en el interior de recipientes o blindados de otra manera.

Se están realizando esfuerzos para desarrollar tecnologías capaces de detectar la presencia de materiales que pueden estar dispuestos en el interior de un recipiente a efectos de transportar el material hasta un destino. Ejemplos de materiales nocivos que pueden ser los más importantes de identificar son agentes radiactivos, explosivos, biológicos, y/o químicos.

10 La identificación actual de radioisótopos se basa en algoritmos de detección de picos y de coincidencia de patrones. Estas técnicas pueden ser suficientes en el laboratorio y en algunas aplicaciones industriales (por ejemplo en los reactores nucleares comerciales), pero se quedan cortas en los intentos de detección de radioisótopos blindados en tránsito, en gran parte porque los algoritmos actuales no tienen suficientemente en cuenta la interacción entre la radiación emitida y la materia circundante. Las principales dificultades para desarrollar aplicaciones informáticas de
15 identificación isotópica se dividen dos.

En primer lugar, en términos generales, los espectros detectados de radioisótopos blindados son débiles y están potencialmente enmascarados en el ruido de, por ejemplo, radiación natural de fondo y radiación que emana de fuentes próximas legales radiactivas por naturaleza (por ejemplo plátanos, arena para gatos, Isótopos médicos). Estos espectros débiles son difíciles de analizar, ya que una de las principales condiciones restrictivas de la
20 investigación en esta área es que los flujos comerciales no se retrasen indebidamente por el proceso de detección. Por lo tanto, los tiempos más largos de integración del detector que serían utilizados para obtener señales más fuertes no son prácticos en aplicaciones del mundo real. Sin embargo, incluso con señales más fuertes, no está claro que los radioisótopos blindados, incluidos algunos considerados como peligrosos, puedan ser localizados.

En segundo lugar, la detección e identificación de determinados radioisótopos depende de la interacción de la radiación con su entorno. Esta interacción con el medio es generalmente desconocida y, por consiguiente, es uno de los aspectos más difíciles de la detección de radioisótopos y del escenario de identificación. Las técnicas de análisis que se utilizan actualmente ignoran el impacto de los materiales circundantes en el intento de detectar e identificar materiales radioisótopos peligrosos en un recipiente o en un entorno blindado de otra manera.

30 Lo que se necesita es una técnica para analizar los datos de la "huella digital" de radiación (en forma de espectro) de cualquier dispositivo detector disponible con el fin de determinar rápidamente y con precisión la presencia de un material peligroso en un espacio.

Compendio de la invención

Brevemente, se proporcionan un sistema y un método para analizar los datos espectrales producidos por un dispositivo detector para determinar la presencia de uno o más materiales peligrosos de interés en un espacio que
35 está monitorizado por el detector. Los materiales que se espera estén en una trayectoria de detección del detector, incluidos los materiales peligrosos de interés y los materiales no peligrosos, están agrupados en uno de una pluralidad de grupos de materiales en base a similitudes en sus secciones transversales. Los datos que describen una curva de la energía representativa frente a la sección transversal para cada grupo material se seleccionan a partir de las secciones transversales de materiales individuales dentro del grupo material respectivo. La interacción
40 de cada material de interés (fuentes) con uno o más de los grupos de materiales (grupos de materiales blindados) se computa utilizando la curva de la energía representativa frente a la sección transversal para los respectivos grupos de materiales para producir datos espectrales computacionales para el material de interés. Por lo tanto, se construye una biblioteca de datos espectrales a partir de los datos espectrales individuales computados para cada combinación de fuente/blindaje de materiales(s). Los datos espectrales producidos por el detector son analizados
45 con respecto a la biblioteca de datos espectrales computacionales para determinar la presencia de un material peligroso en el espacio.

Breve descripción de las figuras

FIG. 1 es un diagrama de bloques que muestra un sistema de escaneado de recipientes de acuerdo con una realización de la invención.

50 FIG. 2 es un diagrama esquemático que ilustra ejemplos de materiales comúnmente encontrados que el detector debe escudriñar de acuerdo con las realizaciones de la presente invención.

FIG. 3 es un diagrama de flujo que ilustra una etapa de análisis y recopilación de datos fuera de línea para producir datos utilizados en la técnica de identificación de acuerdo con una realización de la presente invención.

FIG. 4 ilustra gráficos de la sección transversal de fotones como una función de la energía para un grupo de materiales metálicos usado como parte del proceso de separación e identificación de la presente invención.

FIG. 5 es un diagrama que representa una computación hecha durante el proceso representado en la FIG. 3.

5 FIG. 6 es un diagrama de flujo que ilustra la técnica de identificación de acuerdo con una realización de la presente invención.

Descripción detallada de la invención

La radiación interactúa con la materia de una forma bien conocida. La intensidad de la radiación, I , emitida por una fuente de fotones monocromática a lo largo de cualquier trayectoria dada como una fracción de su intensidad original, I_0 , está dada por la relación:

$$10 \quad \frac{I}{I_0} = e^{-\rho\sigma x}$$

en la cual, las partículas (en el contexto de la presente invención, ya sean fotones o neutrones) se desplazan a través de un único material, que tiene una densidad ρ , una sección transversal total para la interacción σ (que depende no sólo de la partícula específica, sino también de la energía E de la partícula cuando interactúa con el material), y la longitud de la trayectoria x a través de la cual se desplaza la partícula. Una relación más generalizada se puede escribir para la interacción con múltiples materiales. Por lo tanto, como la radiación se desplaza a través de diversos materiales (incluyendo el aire), el espectro detectado ("huella digital" de radiación) es probable que esté debilitado (reducido en amplitud) y que los diversos picos en el espectro sean susceptibles de ser modificados en energía. Cada característica espectral puede verse afectada de manera diferente del resto. Por lo tanto, la identificación de radioisótopos específicos no es sólo una cuestión de las condiciones señal-ruido, sino que también implica la comprensión, la modelación, y la codificación de la interacción de la radiación con la materia en una forma de la cual el usuario final se beneficie.

Si bien estas diversas interacciones son, en conjunto, comprendidas y se pueden modelar y predecir muy bien (usando, por ejemplo, la aplicación informática Monte Carlo conocida en la técnica como "MCNP" o "PENLOPE"), requieren que toda la geometría (incluyendo las propiedades de los materiales) sean especificadas. Una vez definida la geometría, estos algoritmos informáticos utilizan técnicas de Monte Carlo y enormes bibliotecas de secciones transversales (por ejemplo, las bibliotecas "ENDF-VI" distribuidas por ejemplo por, el Centro Nacional de Datos Nucleares, el Centro de Información Computacional de Seguridad de Radiación, y los Centros de Datos de Reacciones Nucleares; las bibliotecas pueden requerir el uso de grandes cantidades de espacio de almacenamiento informático) para simular el problema especificado. Si todos los materiales, sus propiedades físicas (por ejemplo, densidad) y sus composiciones químicas específicas, y su(s) respectiva(s) ubicación(es) y configuración(es) geométrica(s) en el problema no están bien definidas, estos algoritmos informáticos resultan menos que óptimos.

El artículo titulado "Simulación de modelos espectrales en dispositivos de identificación de radionúclidos basados en escintilador usando GEANT4", de Roemer y al., Registro de la Conferencia Simposio sobre Ciencias Nucleares de IEEE (XP-002509029) (2006) proporciona un ejemplo de un dispositivo actual de identificación de radioisótopos. En particular, este dispositivo hace uso de una solución ponderada de Monte Carlo (WMC) para identificar radioisótopos.

De acuerdo con la presente invención, se proporciona un algoritmo de identificación de isótopos que permite a un usuario interrogar o escudriñar datos espectrales (proporcionados por cualquier detector hasta ahora conocido o que se desarrolle en lo sucesivo) y tomar decisiones operacionales bien fundamentadas basadas en los resultados. Este algoritmo tiene en cuenta la interacción entre la radiación y la materia circundante. En la física, el concepto de una sección transversal se utiliza para expresar la probabilidad de interacción entre las partículas.

Con referencia primero a la FIG. 1, se muestra un posible entorno operativo para el algoritmo de identificación de isótopos de acuerdo con la presente invención. El algoritmo, indicado por el número de referencia 100, que puede ser incorporado mediante un software de ordenador, es ejecutado por uno o más recursos de computación 200. La ejecución del algoritmo 100 implica el uso de datos de secciones transversales, determinados con antelación, almacenados en una base de datos en lo sucesivo denominada como una base de datos 300 de secciones transversales de "material bruto". El/Los recurso(s) de computación 200 opera(n) con los datos generados por un detector 210 que escudriña un espacio sustancialmente contenido. El algoritmo 100 no está limitado al uso con un tipo particular de detector 210; sin embargo, ejemplos de tales detectores 210 son los basados en silicio, yoduro de sodio, germanio de alta pureza, telururo de cadmio-zinc, tetrabromuro de torio, haluros de lantánidos o actínidos, o cualquier derivado de los mismos, o los basados en "paso discriminado" físico o tiempo de vuelo. En general, el detector 210 puede ser cualquier detector o sistema de detección que produzca espectros. El/Los recurso(s) de computación 200 puede(n) ser un ordenador que opere en software, como se mencionó anteriormente, o puede estar comprendido en un circuito integrado de aplicación específica, circuitos lógicos programables, procesador(es) de señal(es) digital(es) programado(s) con el conjunto de instrucciones adecuado, etc.

El detector 210 está posicionado para detectar la radiación asociada con los recipientes 10(1), 10(2),..., u otro cuerpo que tenga que ser escaneado o examinado para determinar si contiene un material de emisión radiactiva de interés, es decir, un material peligroso. El término "recipiente" significa que incluye, sin limitación, recipientes de transporte, camiones, vagones de ferrocarril, jaulas, así como recipientes de menor tamaño, tales como recipientes de mano. El detector 210 es situado con respecto a los recipientes 10(1), 10(2), etc., como estaría normalmente durante la operación; no se requiere colocación o configuración especial del detector 210 para llevar a cabo las técnicas descritas en el presente documento. El/Los recurso(s) de computación 200 recopila(n) los datos espectrales producidos por el detector 210 y ejecuta(n) el algoritmo 100 sobre los datos espectrales frente a una biblioteca de datos espectrales derivados de la base de datos 300 para determinar si existe o no un material radiactivo peligroso en cada recipiente 10(1), 10(2), etc. Además, el algoritmo 100 puede identificar el material peligroso específico. Por lo tanto, el/los recurso(s) de computación 200 emite(n) una indicación de si está presente o no un material peligroso en un recipiente y (potencialmente) información que identifique el/los material/es peligroso/s específico/s. La biblioteca de datos espectrales (también llamada biblioteca espectral) se computa de acuerdo con las técnicas descritas en lo sucesivo en relación con la FIG. 3.

Volviendo ahora a la FIG. 2, la naturaleza del problema al que el algoritmo 100 se enfrenta se describe con mayor detalle. El detector 210 puede estar situado a cierta distancia de separación de una pared 12 de un recipiente 10(1), 10(2), etc., como nominalmente se colocaría durante el funcionamiento normal. La pared 12 también puede representar algún dispositivo de blindaje o barrera entre el detector 210 y un espacio 14 (finito y limitado) que va a ser analizado para la presencia e identificación de materiales radiactivos nocivos. Se debe entender que puede haber varias paredes, separadas o no entre sí, entre el detector 210 y el espacio 14. Puede haber algunas aplicaciones donde no haya pared, en cuyos casos no será necesario tomar la pared en consideración. Las técnicas descritas en el presente documento funcionan en aplicaciones con y sin pared 12. En el ejemplo mostrado en la FIG. 2, hay objetos 20, 22, y 24 en el espacio 14 que no contienen o incluyen un material peligroso, mientras que el objeto 30 contiene o incluye un material radioisótopo nocivo peligroso que se ha de detectar e identificar. Los objetos 20, 22, 24 y 30 pueden estar agrupados muy juntos o más separados en cualquier configuración en el espacio 14. El medio entre el detector y la pared 12 puede ser aire, agua, vapor de agua, o cualquier combinación de estos u otros materiales.

De acuerdo con la presente invención, los datos de la sección transversal de los "materiales brutos" se utilizan para materiales que se espera que estén en la trayectoria de detección del detector. Esto incluye materiales que están potencialmente en el espacio 14, en la pared 12, y en el medio entre la pared 12 y el detector 210. En una realización, se utilizan solamente los datos de la sección transversal de fotones. En otra realización, se utilizan datos de la sección transversal de neutrones. Aún en otra realización, se utilizan tanto los datos de la sección transversal de fotones como de la sección transversal de neutrones para los materiales esperados.

Se hace referencia ahora a la FIG. 3, que muestra un diagrama de flujo de un proceso 80 que se ejecuta fuera de línea antes de la ejecución del algoritmo 100 para generar una biblioteca de datos espectrales con respecto a la cual se analiza la salida de datos espectrales producida por el detector 210. El proceso 80 comienza con 82 agrupando todos los materiales que se espera estén en la trayectoria de detección del detector en un pequeño (menor o igual a 10) número de los llamados "grupos de materiales brutos" en base a similitudes en los datos de su sección transversal. En general, el número de grupos de materiales es sustancialmente menor que el número de materiales en todos los grupos combinados. Hay un compromiso entre tener tantos grupos de materiales que las ventajas de las técnicas descritas no se logren y tener tan pocos grupos de materiales que el algoritmo 100 no sea preciso. Los grupos de materiales en la trayectoria de detección del detector también se denominan en el presente documento como "grupos de materiales de blindaje". Por ejemplo, un primer grupo de materiales puede ser de metales, un segundo grupo de materiales puede ser de materiales cerámicos, un tercer grupo de materiales puede ser de materiales orgánicos, y así sucesivamente. Todos los materiales que son considerados para fines del algoritmo 100 se clasifican en uno de estos grupos de materiales, incluyendo los materiales que no son materiales básicos peligrosos de interés y materiales que son materiales básicos peligrosos de interés. A continuación, en 84, se selecciona una sección transversal completa para cada grupo de materiales utilizando datos de la sección transversal conocida o disponible para cada material en ese grupo, para producir una curva representativa de la energía frente a la sección transversal para ese grupo de materiales. Por ejemplo, la FIG. 4 muestra partes de gráficos de datos de la sección transversal completa de fotones (en función de la energía) para 5 tipos de materiales metálicos. La similitud de la forma de los gráficos de la sección transversal de fotones para estos materiales metálicos es bastante evidente en la FIG. 4. Por lo tanto, estos materiales metálicos se agruparían en el mismo grupo de materiales, por ejemplo, metales designados. Para reiterar, en 82 son evaluados los datos de la sección transversal de una colección de materiales y los materiales son agrupados en base a las similitudes de su sección transversal. Una vez que un grupo es establecido, en 84, uno de los materiales del grupo se selecciona como el material "representativo" y la curva de la sección transversal frente a la energía para ese material se utiliza como la curva "representativa" de la sección transversal frente a la energía para ese grupo de materiales. El material representativo de un grupo de materiales también se denomina en el presente documento como "material bruto". La FIG. 4 muestra gráficos de datos de sección transversal para sólo 5 tipos de materiales metálicos; sin embargo, debe entenderse que numerosos materiales metálicos pueden tener similares gráficos de datos de sección transversal de fotones. Del mismo modo, los materiales pueden ser clasificados por sus datos de sección transversal de neutrones (en función de la energía). Por lo tanto, en una realización, los materiales pueden ser agrupados en

uno o en ambos de los grupos de materiales de fotones específicos y en grupos de materiales de neutrones específicos.

A continuación, en 86, para cada material fuente de radiación de interés (es decir, cada radioisótopo), se efectúan computaciones que calculan la interacción de cada fuente con uno o más de los grupos de materiales en diversas combinaciones y permutaciones (orden) utilizando los datos para las curvas representativas de la energía frente a la sección transversal para los grupos de materiales. Por ejemplo, si el uranio es un material fuente de interés, entonces se efectúan computaciones para modelar la interacción del uranio con uno o más (en varias combinaciones y permutaciones) de los grupos de materiales que utilizan las curvas representativas de energía en función de la sección transversal para los grupos materiales, para producir datos espectrales computacionales para el uranio como serían detectados por un detector en presencia de uno o más de los grupos de materiales en las varias combinaciones y permutaciones. En estas computaciones, los efectos de transporte de electrones se toman en consideración (ya sea para la sección transversal de fotones o para la sección transversal de neutrones), utilizando cualquiera de las técnicas de cálculo conocidas para los modelos de transporte de electrones, tales como MCNP y PENELOPE. Estas computaciones se efectúan para cada fuente de interés y los datos espectrales resultantes se almacenan para producir una biblioteca de datos espectrales para las fuentes de interés.

La FIG. 5 representa gráficamente lo que las computaciones modelan en 86. Específicamente, para cada material fuente de interés (cuya presencia debe ser detectada en el espacio 14), las computaciones de interacción en 86 modelan los datos espectrales que un detector 210 produciría si un material fuente de interés estuviera en el espacio junto con uno o más de los grupos de materiales, en diversas combinaciones y permutaciones entre el material fuente de interés y el detector 210. Esta computación se realiza para cada fuente de material de interés. La FIG. 5 está simplificada para ilustrar esta idea, y muestra la geometría genérica y combinaciones para cada uno de los diversos materiales que pueden estar en la trayectoria del detector. De esta manera, las diversas dependencias espaciales de la respuesta de la fuente de espectros a su entorno se pueden incorporar en la base de datos 300.

Volviendo al diagrama de flujo mostrado en la FIG. 6, el algoritmo 100 se describe ahora en detalle. La FIG. 6 muestra que las funciones de este diagrama de flujo se resuelven "en línea" y esto con la intención de indicar que éstas son las funciones desarrolladas después de que la base de datos 300 haya sido engrosada con los datos espectrales computacionales de la biblioteca y después de que un evento de detección haya tenido lugar. En 110, se capturan los datos espectrales generados por el detector durante un evento de detección. A continuación, en 120, los datos espectrales se analizan comparándolos con la biblioteca de datos espectrales producida como se describió anteriormente con ayuda de la FIG. 3, con el fin de separar los modelos de sección transversal de los materiales comúnmente encontrados a partir de modelos de sección transversal asociados con los materiales peligrosos, y de ese modo determinar si los datos espectrales de salida producidos por el detector indican la presencia de un material peligroso, y para identificar dicho material peligroso. Este análisis puede implicar el uso de cualquier algoritmo de coincidencia de patrones espectrales conocido actualmente o desarrollado en lo sucesivo para determinar la presencia de, e identificar, un material peligroso basándose en los datos espectrales de salida producidos por el detector.

En 130, se determina si una "huella digital" está presente en los datos de la "huella digital" que son indicativos de la presencia de un material peligroso en el espacio 14 basándose en el análisis realizado en 120. Si es así, el proceso continúa en 134 y si no, el proceso continúa en 132. En 132, se genera una señal o indicación de no-peligro junto con la información que identifica el material radiactivo no peligroso que ha sido detectado (si es posible), o bien no se genera ninguna señal o alerta. En 134, se genera una señal de alerta de peligro junto con información que identifica el material peligroso que ha sido detectado (si es posible). Un usuario puede entonces elegir si inspeccionar más a fondo el recipiente u otro cuerpo que haya sido escaneado para localizar y aislar el material peligroso. En 140, se realizan los preparativos para el siguiente evento de detección, es decir, para el escaneo de otro recipiente u otra parte de un cuerpo de interés.

Los resultados en 132 y 134 se pueden mostrar con una aplicación que se ejecuta en los recursos de computación 200 (FIG. 1) o se envían a otro hardware para proporcionar una alerta. Otras salidas pueden comprender medidas de error y otra información auxiliar, como gráficos interactivos, imágenes, superficies u otras visualizaciones personalizadas.

El software que implementa el algoritmo 100 puede estar escrito en cualquier lenguaje de programación adecuado. En un ejemplo, está escrito utilizando el Lenguaje de Datos Interactivo (IDL) y la aplicación informática conocida como ENVI, ambos comercializados por ITT Corporation. ENVI está escrito en IDL y es el estándar de facto para el procesamiento, explotación y análisis de conjuntos de datos multi-espectrales e hiper-espectrales. El software para el algoritmo 100 puede ser implementado como un "conector" ("plug-in") para paquete de software ENVI, pero puede también ser implementado utilizando otras técnicas que permitan su incorporación en un sistema más grande (por ejemplo, como parte de un sistema detector).

REIVINDICACIONES

1. Un método para analizar datos espectrales producidos por un detector (210) que escudriña un espacio sustancialmente contenido en busca de la presencia de uno o más materiales radiactivos de interés, que comprende:
 - a. agrupar (82) materiales que se espera estén en una trayectoria de detección del detector, en uno de una pluralidad de grupos de materiales basándose en similitudes en las secciones transversales de los materiales;
 - b. seleccionar datos que describen una curva representativa de la energía frente a la sección transversal para cada grupo de materiales a partir de secciones transversales de materiales individuales dentro del grupo de materiales respectivo;
 - c. computar (86) la interacción de cada material radiactivo de interés con uno o más de los grupos de materiales utilizando la curva representativa de la energía frente a la sección transversal para los respectivos grupos de materiales para producir datos espectrales para el material radiactivo de interés;
 - d. generar una biblioteca de datos espectrales que comprende los datos espectrales computados para cada material radiactivo de interés; y
 - e. analizar (120) los datos espectrales producidos por el detector (210) con respecto a la biblioteca (300) de datos espectrales para determinar la presencia de un material radiactivo peligroso en el espacio.
2. El método de la reivindicación 1, en el que
 - (a) agrupar (82) comprende la agrupación de materiales en uno de una serie de grupos de materiales basándose en una o ambas de la sección transversal de fotones y la sección transversal de neutrones, en el que el número de grupos de materiales es sustancialmente menor que el número de materiales en todos los grupos de materiales combinados.
3. El método de la reivindicación 1, en el que computar (86) la interacción de cada material radiactivo de interés comprende computar la interacción de cada material radiactivo de interés con diversas combinaciones y permutaciones de los grupos de materiales.
4. El método de la reivindicación 3, en el que computar (86) la interacción de cada material radiactivo de interés comprende además computar los efectos del transporte de electrones en la interacción de cada material radiactivo de interés con uno o más de los grupos de materiales.
5. El método de la reivindicación 1, y que comprende además identificar un material radiactivo de interés cuya presencia en el espacio se determina basándose en dicho análisis.
6. El método de la reivindicación 1, en el que un número de grupos de materiales es sustancialmente menor que el número de materiales en todos los grupos de materiales combinados
7. El método de la reivindicación 1, en el que un número de grupos de materiales es menor o igual a diez.
8. Un sistema para determinar la presencia de un material radiactivo peligroso de interés en un espacio basándose en datos espectrales producidos por un detector (210) que escudriña el espacio, que comprende: un almacenamiento de datos (300); un recurso de computación (200) acoplado al almacenamiento de datos (300), donde el recurso computacional se configura para:
 - i. recuperar datos de una biblioteca de datos espectrales en el almacenamiento de datos (300) que representa la interacción de materiales radiactivos de interés con uno o más grupos de materiales, donde
 - (i) cada grupo de materiales comprende materiales que se espera estén en una trayectoria de detección del detector que tienen secciones transversales similares;
 - (ii) dicho recurso computacional está configurado para seleccionar datos para una descripción representativa de una curva de la energía frente a la sección transversal para cada grupo de materiales a partir de las secciones transversales de materiales individuales dentro del grupo de materiales respectivo y
 - (iii) para computar la interacción de cada material de interés con uno o más de los grupos de materiales utilizando la curva representativa de la energía frente a la sección transversal para los respectivos grupos de materiales para producir datos espectrales para el material de interés; y
 - ii. comparar los datos recuperados con los datos espectrales producidos por el detector (210) para determinar si los datos espectrales producidos por el detector (210) indican la presencia de un material de interés en el espacio.
9. El sistema de la reivindicación 8, en el que el ordenador identifica además un material radiactivo de interés cuya presencia en el espacio se determina.
10. Un medio legible por ordenador que almacena instrucciones que, cuando son ejecutadas por un ordenador, hacen que el ordenador determine si un material radiactivo peligroso de interés está presente en el espacio a partir de los datos espectrales producidos por un detector (210) que escudriña el espacio, mediante el análisis de los datos espectrales producidos por el detector con respecto a una biblioteca de datos espectrales (300) que representan la interacción de los materiales radiactivos de interés con uno o más grupos de materiales, en el que cada grupo de materiales comprende materiales que se espera estén en una trayectoria de detección del detector que tienen secciones transversales similares, siendo generada dicha biblioteca de datos espectrales mediante la selección de datos para una curva representativa de la energía frente a la sección transversal para cada grupo de materiales a partir de las secciones transversales de materiales individuales

dentro del grupo de materiales respectivo, y mediante el cálculo de la interacción de cada material radiactivo de interés con uno o más de los grupos de materiales utilizando la curva representativa de la energía frente a la sección transversal para los respectivos grupos de materiales para producir la biblioteca de datos espectrales.

- 5
11. El medio legible por ordenador de la reivindicación 10, en el que las instrucciones que dirigen el ordenador para computar la interacción comprenden instrucciones que dirigen el ordenador para computar la interacción de cada material radiactivo de interés con varias combinaciones y permutaciones de los grupos materiales.
12. El medio legible por ordenador de la reivindicación 11, en el que las instrucciones que hacen que el ordenador compute la interacción comprenden instrucciones que hacen que el ordenador compute además los efectos del transporte de electrones en la interacción de cada material radiactivo de interés con uno o más de los grupos de materiales.
- 10
13. El medio legible por ordenador de la reivindicación 10, y que comprende además instrucciones que hacen que un ordenador identifique un material radiactivo de interés cuya presencia en el espacio se determina.

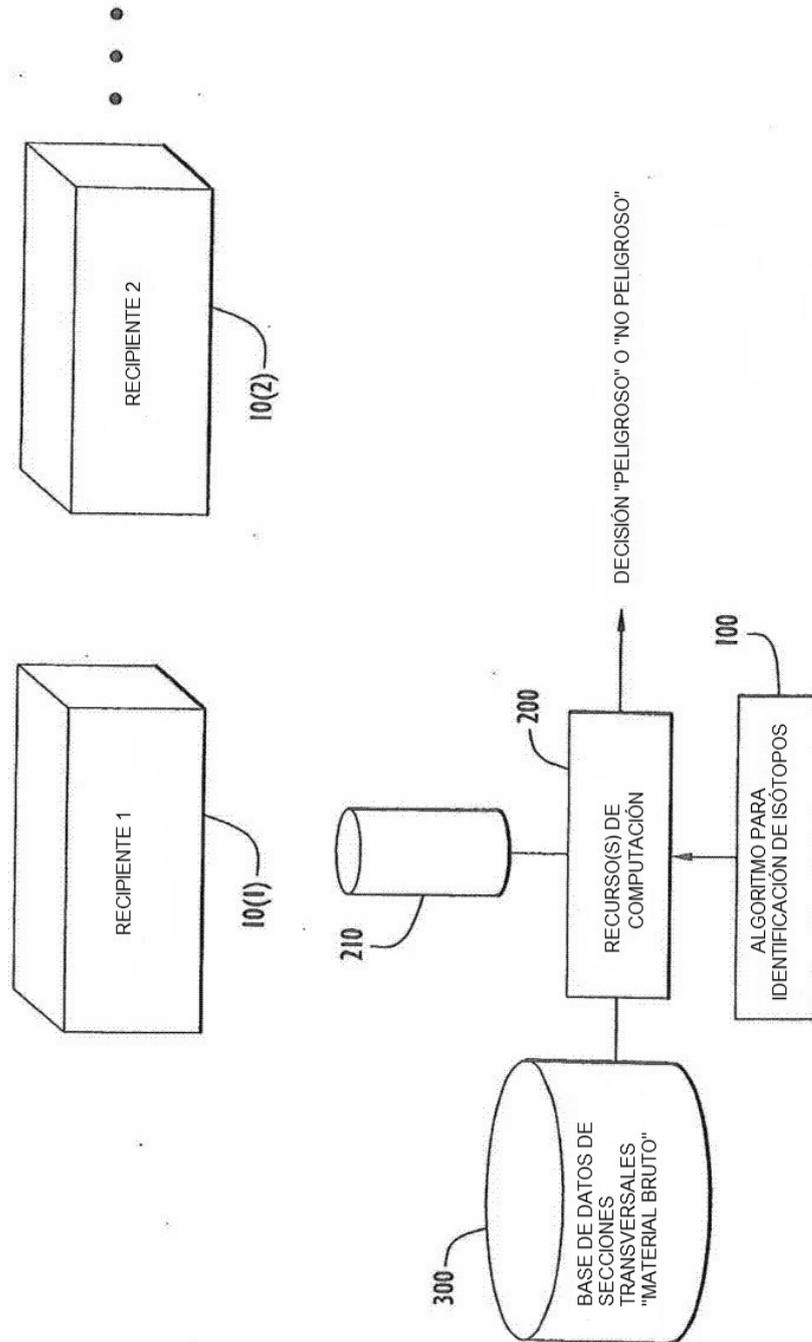


Figura 1

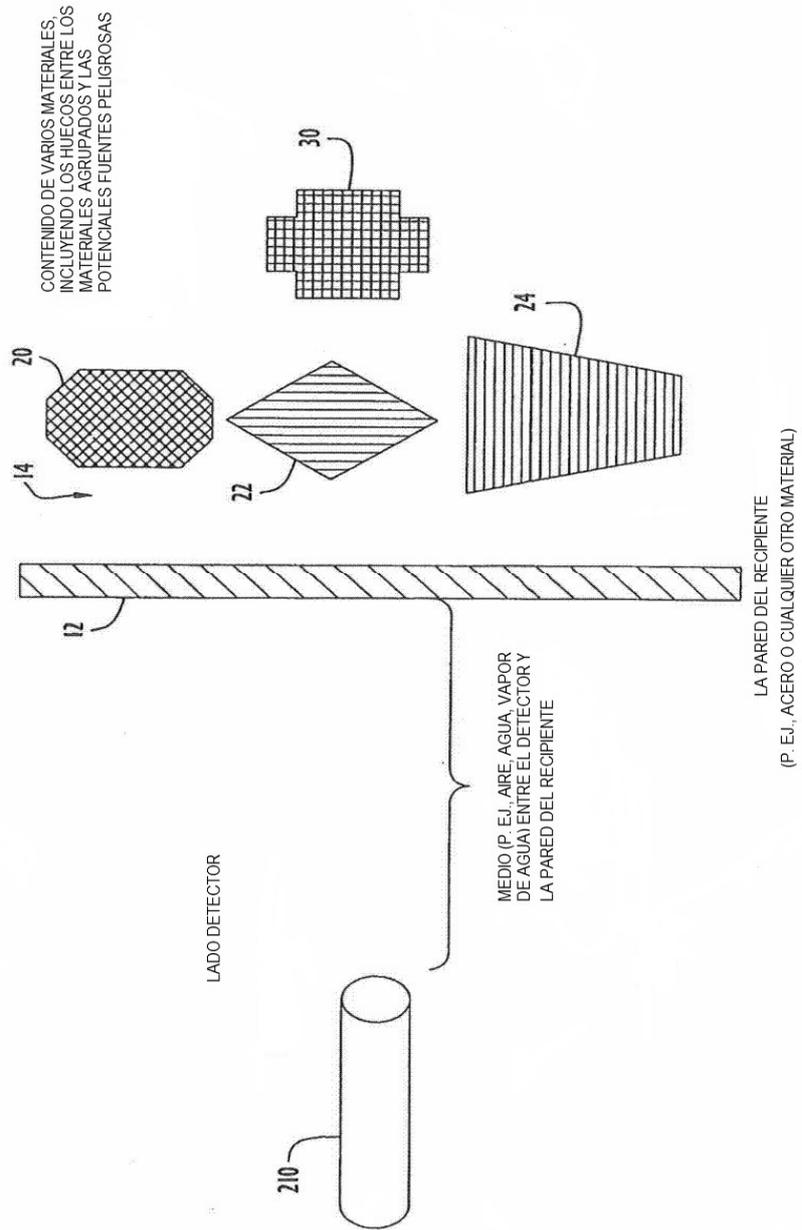


Figura 2

FUERA DE LINEA

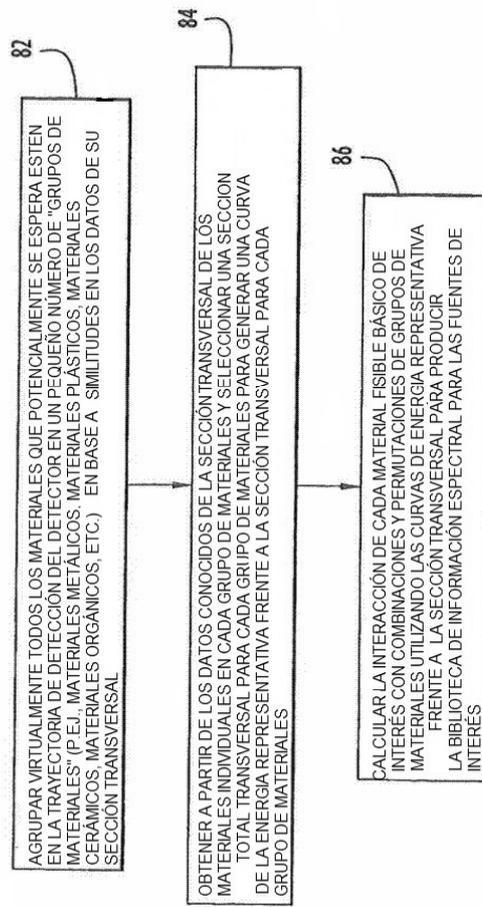


Figura 3

SECCIÓN TRANSVERSAL DE FOTONES VS. ENERGÍA PARA EL GRUPO DE MATERIALES: METALES

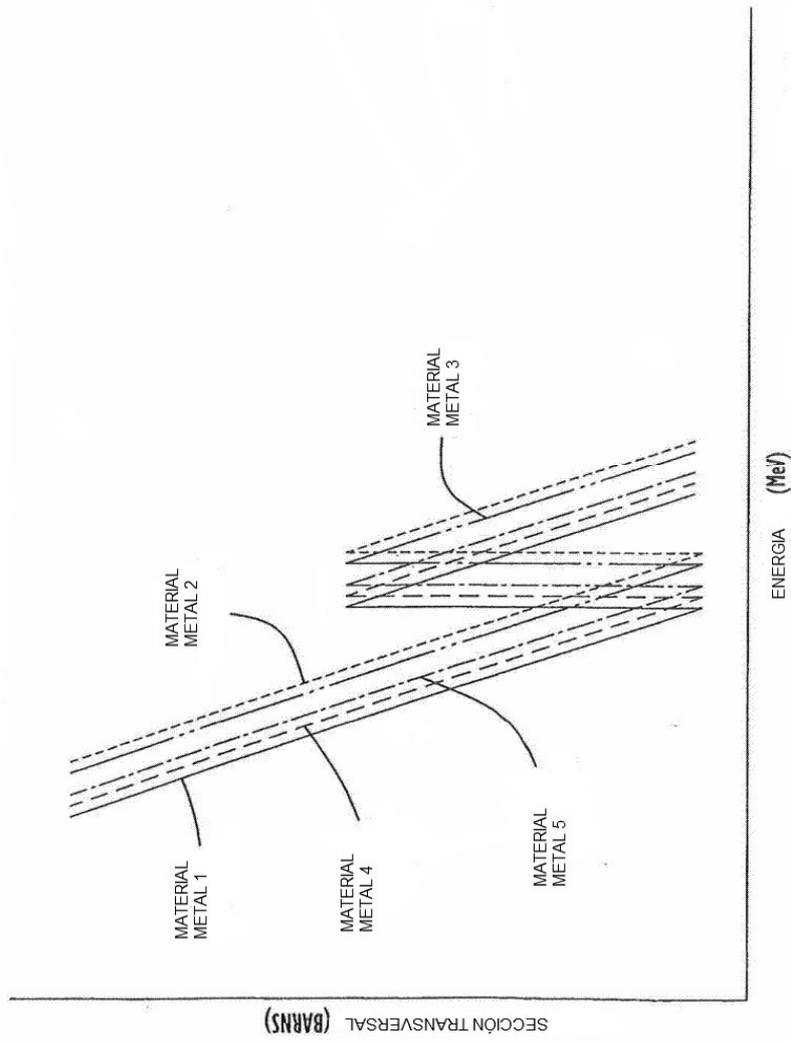


Figura 4

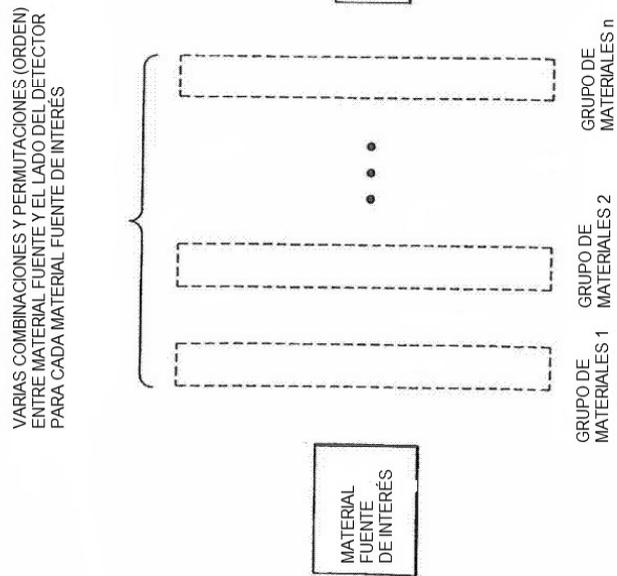


Figura 5

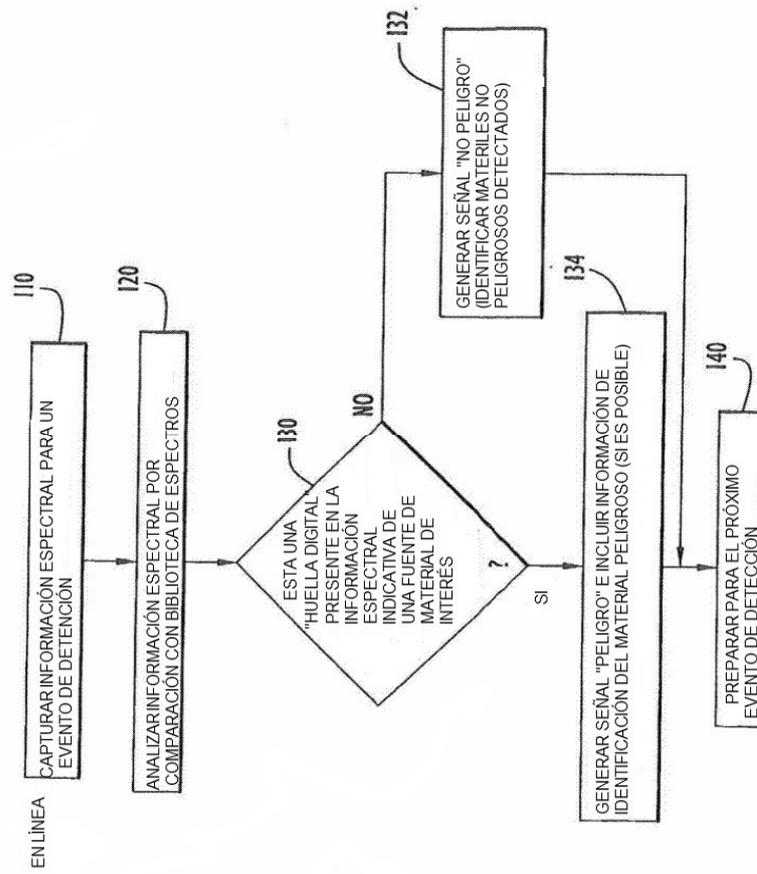


Figura 6