

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 531 019**

51 Int. Cl.:

**G01N 23/04** (2006.01)

**G01N 23/083** (2006.01)

**G01V 5/00** (2006.01)

**G01N 23/087** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.09.2008 E 08800646 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.12.2014 EP 2189785**

54 Título: **Método y dispositivo para la detección de un artículo líquido**

30 Prioridad:

**05.10.2007 CN 200710180652**

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

**09.03.2015**

73 Titular/es:

**TSINGHUA UNIVERSITY (50.0%)  
TSINGHUA UNIVERSITY HAIDIAN DISTRICT  
BEIJING 100084, CN y  
NUCTECH COMPANY LIMITED (50.0%)**

72 Inventor/es:

**ZHANG, LI;  
CHEN, ZHIQIANG;  
WANG, XUEWU;  
HU, HAIFENG;  
WU, HONGXIN;  
LI, YUANJING;  
LIU, YINONG;  
ZHAO, ZIRAN;  
XING, YUXIANG;  
TANG, HU;  
YI, YUMIN y  
ZHANG, JINYU**

74 Agente/Representante:

**PONTI SALES, Adelaida**

**ES 2 531 019 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

Método y dispositivo para la detección de un artículo líquido

5 **Campo de la invención**

[0001] La presente invención se refiere al campo de la técnica de inspección por radiación, y más en particular a un método y dispositivo para la inspección de seguridad rápida de artículos líquidos con TAC de doble fuente.

10

**Antecedentes de la invención**

[0002] Desde los atentados del 11 de septiembre en Estados Unidos cada vez se hace más hincapié en la inspección de seguridad en aviación. Aparte de la inspección de seguridad convencional de paquetes, se ha añadido la inspección de seguridad de artículos líquidos transportados por los pasajeros. Por consiguiente, existe una extrema necesidad de medios y métodos para la inspección de seguridad rápida de artículos líquidos.

15

[0003] Hoy día, existen cuatro tipos de métodos usados en la inspección de seguridad de artículos líquidos, que incluyen el método químico, el método electromagnético, el método de detección por neutrones y el método de detección por radiación de la manera siguiente:

20

1) El método químico se puede subdividir en el método de identificación de olores, el método de detección de explosivos por barrido de iones y el método de análisis de sustancias. La identificación de olores en aplicaciones prácticas con frecuencia no consigue realizar la detección debido a las condiciones de sellado y envasado de los artículos líquidos. El método de detección de explosivos por barrido de iones es conocido por su alta sensibilidad, pero con una elevada tasa de falsos positivos, se ve afectado por el entorno. El análisis de sustancias tiene una alta precisión y una exactitud elevada, pero este método requiere un cierto período de tiempo para analizar la muestra, que no satisface las demandas de detección rápida *in situ*.

25

2) El método electromagnético funciona como medición activa. Distingue artículos líquidos entre sí según sus constantes dieléctricas en un campo electromagnético. El método electromagnético se ve fácilmente muy afectado por envases metálicos u otros envases de materiales densos. En consecuencia, el uso del método electromagnético es limitado en el caso de materiales de envase complejos.

30

3) El uso del método de detección por neutrones deja radiación residual remanente en el líquido detectado debido al efecto de "activación de los neutrones". Además, la protección frente a la radiación es complicada debido a la fuerte penetrabilidad de los neutrones y el aparato tiene que tener una gran superficie, de manera que el método no es adecuado para la aplicación en sistemas de inspección de seguridad de aviación civil.

35

4) Actualmente, la mayoría de los aparatos de inspección de seguridad para aviación civil son aparatos de radiación. En estos aparatos, en su mayoría se adopta la tecnología de obtención de imágenes por rayos X en dos dimensiones y tecnología de TAC en tres dimensiones. Estas tecnologías, que se usan principalmente para la inspección de seguridad de paquetes, no consiguen la inspección de seguridad de artículos líquidos.

40

[0004] La tecnología de obtención de imágenes por rayos X en dos dimensiones obtiene imágenes de proyección en dos dimensiones integrando la información tridimensional de los artículos a lo largo de los rayos X. Estas imágenes muestran la estructura interna del objeto en forma de escala de grises o pseudo-coloreada, para proporcionar al operador una visualización con colores intensos. No obstante, la tecnología de obtención de imágenes por rayos X en dos dimensiones carece de la información acerca de una dimensión del objeto, de manera que la inspección de artículos líquidos se ve afectada gravemente en cuanto a formas y tamaños de los artículos líquidos.

50

[0005] La tecnología de TAC tridimensional es la extensión y aplicación de la tecnología de TAC. La tecnología de TAC se aplicó primero en el diagnóstico, que se puso en práctica realizando una proyección en múltiples ángulos de las respectivas secciones de un artículo. Usando un ordenador para reconstruir los datos de proyección en múltiples ángulos de las respectivas secciones, se obtienen las imágenes reconstruidas. La información de los diferentes coeficientes de atenuación en las imágenes reconstruidas se visualizan en forma de diferentes escalas de grises, mediante las cuales se visualizan las estructuras internas de los artículos. Con el desarrollo de la tecnología de TAC, se aplicó la TAC industrial para la inspección no destructiva y la TAC de envases

55

para la inspección de seguridad, con el objetivo que sigue siendo obtener las imágenes de las secciones de las estructuras internas de los artículos. La determinación de si un artículo es peligroso depende del análisis de la estructura del operador humano, y así no es aplicable en la inspección rápida y automática. Además, es difícil que los dispositivos de inspección de seguridad de tipo TAC adquieran popularidad, por su alto coste y volumen, como consecuencia del amplio espectro de artículos que se pueden detectar con ellos.

**[0006]** En resumen, para la detección rápida de artículos líquidos, el método químico, el método electromagnético y el método de detección por neutrones no son adecuados. Mediante el uso de la tecnología de obtención de imágenes por rayos X en dos dimensiones y la tecnología de TAC en tres dimensiones, se obtienen imágenes que muestran la estructura interna del artículo, pero estas imágenes no sirven como evidencia suficiente para la inspección de seguridad automática de los artículos líquidos.

**[0007]** GAO y col.: "Application of X-ray TAC to liquid security inspection: System analysis and beam hardening correction", NUCLEAR INSTRUMENTS & METHODS IN PHYSICS RESEARCH, SECTION - A: ACCELERATORS, SPECTROMETERS, DETECTORS AND ASSOCIATED EQUIPMENT, ELSEVIER, AMSTERDAM, NL, vol. 579, no. 1, 8 de agosto de 2007 (2007-08-08), páginas 395-399, XP022190162, ISSN: 0168-9002, DOI: DOI:10.1016/J.NIMA.2007.04.084, se centran en la corrección del defecto provocado por el endurecimiento del haz, que no supone la obtención de imágenes de DR y a continuación realizar un barrido por TAC de doble fuente en base al resultado de la imagen de DR para determinar el número atómico o la densidad del líquido contenido en el artículo inspeccionado.

**[0008]** HEISMANN B J y col.: "Quantitative TAC characterization of body fluids with spectral pZ projection method", NUCLEAR SCIENCE SYMPOSIUM CONFERENCE RECORD, 2006. IEEE, PISCATAWAY, NJ, USA, PISCATAWAY, NJ, USA, 29 de octubre 2006 (2006-10-29), páginas 2079-2080, XP031534977, ISBN: 978-1-4244-0560-2 describe un estudio clínico acerca de la caracterización de fluidos corporales con el algoritmo de proyección espectral pZ.

**[0009]** El documento US 7.116.751 B2 supone la realización de un barrido por TAC normal sobre un artículo para determinar si el artículo contiene materia peligrosa o no. Si el artículo contiene materia peligrosa, entonces se valora si parte del artículo se analiza o el sistema no puede identificar cuál es la materia peligrosa. Si se analiza parte del artículo, se realiza una inspección por TAC de alta energía o una inspección por TAC de alta resolución para eliminar el efecto provocado por el análisis. Por tanto, la Referencia 3 desvela cómo eliminar el efecto provocado por el análisis del artículo inspeccionado para inspeccionar el artículo con precisión.

**[0010]** El documento US 2004/101097 A1 se refiere a un dispositivo de inspección de seguridad. Una maleta se transporta sobre una cinta hacia el espacio de inspección. En primer lugar, se realiza un escáner DR desde la parte superior con la maleta en movimiento. En segundo lugar se realiza otro escáner DR desde un lateral. En tercer lugar, se realiza un escáner de una sola fuente en un plano vertical.

#### 40 **Resumen de la invención**

**[0011]** Para superar las desventajas de las tecnologías existentes, un objeto de la invención es proporcionar un método así como un dispositivo para la inspección de seguridad de un artículo líquido usando radiaciones, que pueda realizar una detección rápida y obtener información cuantitativa del artículo líquido a inspeccionar, sin destruir el envase exterior.

**[0012]** Este objeto se consigue mediante un método de la reivindicación 1, y mediante el dispositivo de la reivindicación 8.

**[0013]** De acuerdo con una realización de la invención, los atributos físicos incluyen la densidad y el número atómico del artículo líquido.

**[0014]** De acuerdo con una realización de la invención, el barrido por TAC de doble fuente funciona en forma de barrido por TAC en el plano.

**[0015]** De acuerdo con una realización de la invención, el barrido por TAC de doble fuente funciona en forma de barrido por TAC en espiral normal.

**[0016]** De acuerdo con una realización de la invención, el barrido por TAC de doble fuente funciona en forma

de barrido por TAC en espiral de alto paso de hélice.

**[0017]** De acuerdo con una realización de la invención, se ajustan una serie de posiciones de barrido antes del barrido por TAC en el plano.

5

**[0018]** De acuerdo con la invención, se realiza un barrido por DR para conseguir una imagen de transmisión del artículo inspeccionado y la posición de barrido por TAC se determina en base a la imagen de transmisión, antes del barrido por TAC en el plano.

10 **[0019]** De acuerdo con una realización de la invención, después de que se haya obtenido la imagen de transmisión, el operador especifica al menos una fila de la imagen de transmisión mediante un dispositivo de entrada como posición de barrido por TAC.

15 **[0020]** De acuerdo con una realización de la invención, después de que se haya obtenido la imagen de transmisión, automáticamente se especifica al menos una fila de la imagen de transmisión mediante la técnica de procesamiento de imágenes como posición de barrido por TAC.

20 **[0021]** De acuerdo con una realización de la invención, la etapa de obtención de la imagen de transmisión comprende la emisión de haces de radiación de alta energía y haces de radiación de baja energía que transmiten el artículo inspeccionado para formar una imagen de transmisión de alta energía y una imagen de transmisión de baja energía; integrando la imagen de transmisión de alta energía y la imagen de transmisión de baja energía para formar la imagen de transmisión.

25 **[0022]** De acuerdo con una realización de la invención, la etapa de formación de la imagen de transmisión comprende la emisión de haces de radiación de alta energía y haces de radiación de baja energía que transmiten el artículo inspeccionado para formar una imagen de transmisión de alta energía y una imagen de transmisión de baja energía; seleccionando cualquiera de la imagen de transmisión de alta energía o la imagen de transmisión de baja energía como imagen de transmisión.

30 **[0023]** De acuerdo con una realización de la invención, la etapa de realización de la reconstrucción por TAC sobre los datos de proyección para obtener una imagen de TAC que indica los atributos físicos del artículo inspeccionado comprende las etapas de: generación de los datos de proyección de dos coeficientes de material básico en base a los datos de proyección de alta energía y de baja energía; llevar a cabo la reconstrucción de los datos de proyección de los dos coeficientes de material básico para obtener una imagen de TAC que indica los  
35 coeficientes de material básico correspondientes al artículo líquido inspeccionado; y la generación de una imagen de TAC que indica los atributos físicos del artículo líquido inspeccionado en base a la imagen de TAC que indica los coeficientes de material básico.

40 **[0024]** De acuerdo con una realización de la invención, la etapa de extracción de los atributos físicos del artículo líquido inspeccionado sobre la imagen de TAC comprende las etapas de: extracción de los píxeles correspondientes al artículo líquido de la imagen de TAC; cálculo de la densidad media y número atómico de los píxeles correspondientes al artículo líquido como densidad y número atómico del artículo líquido inspeccionado.

45 **[0025]** De acuerdo con una realización de la invención, la etapa que consiste en determinar si el artículo líquido inspeccionado es peligroso según los atributos físicos comprende las etapas de: determinación de si un punto definido por la densidad y el número atómico se encuentra en una región predeterminada en un espacio bidimensional de densidad-número atómico; determinación de que el artículo líquido inspeccionado es peligroso si el punto se encuentra en la región predeterminada.

50 **[0026]** De acuerdo con una realización de la invención, después del barrido por TAC de doble fuente en cada una de las posiciones, las imágenes de TAC del artículo líquido inspeccionado se giran para alinearse con la imagen formada después del primer barrido por TAC de doble fuente.

**[0027]** De acuerdo con una realización de la invención, después del barrido por TAC de doble fuente en cada una de las posiciones, el artículo líquido inspeccionado se gira a la posición antes del barrido.

**[0028]** De acuerdo con una realización de la invención, varios artículos líquidos se disponen en un tambor que está dividido en varios sub-espacios.

- 5 **[0029]** De acuerdo con una realización de la invención, el método además comprende las etapas de: detección automática de la presencia del tambor con un patrón predefinido; determinación de una marca determinada en la imagen de TAC en el caso de la presencia del tambor; y rotación del tambor hasta una posición predefinida en base a la marca determinada.
- 10 **[0030]** De acuerdo con una realización de la invención, el método además comprende la etapa de visualización del resultado determinado del artículo líquido inspeccionado en una pantalla de visualización.
- [0031]** De acuerdo con una realización de la invención, el método además comprende la etapa de impresión del resultado determinado de los respectivos artículos líquidos.
- [0032]** De acuerdo con una realización de la invención, el método además comprende la etapa de coloreado de las imágenes de TAC de los respectivos artículos líquidos.
- 15 **[0033]** De acuerdo con una realización de la invención, el barrido por TAC de doble fuente se lleva a cabo sobre una posición predeterminada.
- [0034]** De acuerdo con una realización de la invención, el barrido por TAC de doble fuente se lleva a cabo sobre una posición predeterminada.
- 20 **[0035]** De acuerdo con una realización de la invención, el medio de detección y recolección detecta y recoge los haces de radiación que se transmiten a través del al menos un artículo líquido a inspeccionar para así formar una imagen de transmisión; en el que el dispositivo además comprende medios para especificar al menos una fila de la imagen de transmisión; y el barrido por TAC de doble fuente se realiza sobre la fila especificada.
- 25 **[0036]** De acuerdo con una realización de la invención, los atributos físicos incluyen al menos la densidad y el número atómico del artículo líquido inspeccionado.
- [0037]** De acuerdo con una realización de la invención, la fuente de radiación emite haces de radiación de alta energía y haces de radiación de baja energía que se transmiten a través del artículo inspeccionado para formar una imagen de transmisión de alta energía y una imagen de transmisión de baja energía; y el dispositivo además comprende medios para integrar la imagen de transmisión de alta energía y la imagen de transmisión de baja energía para formar la imagen de transmisión.
- 30 **[0038]** De acuerdo con una realización de la invención, la fuente de radiación emite haces de radiación de alta energía y haces de radiación de baja energía que se transmiten a través del artículo inspeccionado para formar una imagen de transmisión de alta energía y una imagen de transmisión de baja energía; y el dispositivo además comprende medios para seleccionar cualquiera de la imagen de transmisión de alta energía o la imagen de transmisión de baja energía como imagen de transmisión.
- 35 **[0039]** De acuerdo con una realización de la invención, el medio para especificar al menos una fila de la imagen de transmisión comprende medios para que el operador seleccione al menos una fila de la imagen de transmisión mediante un dispositivo de entrada.
- 40 **[0040]** De acuerdo con una realización de la invención, el medio para especificar al menos una fila de la imagen de transmisión comprende medios para detectar capas de líquido en la imagen de transmisión analizando píxeles de la imagen de transmisión; y medios para especificar las filas centrales de las respectivas capas como las filas para las que se debe realizar el barrido por TAC de doble fuente.
- 45 **[0041]** De acuerdo con una realización de la invención, el medio para realizar la reconstrucción de los datos de proyección para obtener una imagen de TAC que indica atributos físicos del artículo líquido inspeccionado comprende medios para integrar una imagen de densidad identificada por la densidad del artículo líquido inspeccionado y una imagen de número atómico identificada por el número atómico del artículo inspeccionado para formar una imagen de TAC; y medios para extraer píxeles correspondientes al artículo líquido de la imagen de TAC;
- 50 **[0042]** De acuerdo con una realización de la invención, el medio para determinar si el artículo líquido inspeccionado es peligroso en base a los atributos físicos comprende medios para determinar si un punto definido
- 55 y medios para calcular la densidad media y el número atómico de los píxeles correspondientes al artículo líquido como densidad y número atómico del artículo inspeccionado.

por la densidad y el número atómico está localizado en una región predeterminada en un espacio bidimensional de densidad-número atómico, en el que se determina que el artículo líquido inspeccionado es peligroso si el punto está localizado en la región predeterminada.

5 **[0043]** De acuerdo con una realización de la invención, el dispositivo además comprende medios, después del barrido por TAC de doble fuente en cada una de las filas, para la rotación de las imágenes de TAC del artículo líquido inspeccionado para su alineamiento con la imagen formada después el primer barrido por TAC de doble fuente.

10 **[0044]** De acuerdo con una realización de la invención, el dispositivo además comprende medios, después del barrido por TAC de doble fuente en cada una de las filas, para la rotación del artículo líquido inspeccionado hasta la posición antes del barrido.

**[0045]** De acuerdo con una realización de la invención, el dispositivo además comprende un tambor que está  
15 dividido en varios sub-espacios para depositar una pluralidad de artículos líquidos, respectivamente.

**[0046]** De acuerdo con una realización de la invención, el dispositivo además comprende medios para detectar automáticamente la presencia del tambor con un patrón predefinido; medios para determinar una marca determinada en la imagen de TAC en caso de la presencia del tambor; y métodos para girar el tambor hasta una  
20 posición predefinida en base a la marca determinada.

**[0047]** De acuerdo con una realización de la invención, el dispositivo además comprende medios de visualización para visualizar el resultado determinado del artículo líquido inspeccionado.

25 **[0048]** De acuerdo con una realización de la invención, el dispositivo además comprende medios para la impresión del resultado determinado de los respectivos artículos líquidos.

**[0049]** De acuerdo con una realización de la invención, el dispositivo además comprende medios para colorear las imágenes de TAC de los respectivos artículos líquidos.  
30

**[0050]** De acuerdo con una realización de la invención, el dispositivo además comprende un mecanismo de transporte para transportar los artículos líquidos a inspeccionar, en el que la superficie del mecanismo de transporte sobre el que se transportan los artículos líquidos inspeccionados está dividida en una pluralidad de regiones que el operador puede identificar.  
35

**[0051]** Con el método y dispositivo de acuerdo con la invención, se usa la imagen de transmisión como guía para el barrido de doble fuente, y así se puede mejorar la velocidad de detección sin reducir la eficacia de la detección. Además, por medio de la imagen de transmisión se puede determinar si el artículo líquido tiene una intercapa.  
40

**[0052]** Además, se puede determinar si el artículo líquido es un explosivo en base a si la densidad y el número atómico medidos se encuentran en una región predeterminada en un espacio bidimensional.

**[0053]** Además, se facilita la operación de inspección debido a que el operador puede especificar cualquier  
45 posición para realizar el barrido por TAC de doble fuente.

**[0054]** Por otra parte, cuando se han de inspeccionar una pluralidad de artículos se usa un tambor dividido, y así se puede determinar fácilmente cuál de los artículos líquidos es peligroso.

## 50 **Breve descripción de los dibujos**

**[0055]** Las características y ventajas de la invención serán más evidentes a partir de las siguientes descripciones detalladas con referencia a los dibujos acompañantes en los que,

55 la Figura 1 es un diagrama esquemático de un dispositivo de inspección de acuerdo con una realización de la presente invención;

la Figura 2 muestra un diagrama de bloques del procesador de datos de ordenador 60 en el dispositivo de inspección de la Figura 1;

- la Figura 3 muestra un diagrama de bloques del controlador de acuerdo con una primera realización de la presente invención;
- 5 la Figura 4A y la Figura 4B muestran diagramas del método de inspección del artículo líquido de acuerdo con la presente invención;
- la Figura 5 es un diagrama que muestra la relación entre una imagen de DR y una imagen de TAC;
- 10 la Figura 6 muestra un ejemplo del resultado de la imagen de DR;
- la Figura 7 muestra otro ejemplo del resultado de la imagen de DR;
- la Figura 8 muestra un diagrama de flujo esquemático del método de inspección del artículo líquido de acuerdo con la primera realización de la invención;
- 15 la Figura 9 muestra un diagrama de flujo del proceso de una imagen de DR;
- la Figura 10 muestra una disposición de los datos de la imagen de DR recogidos mediante el dispositivo de detección y recolección 30 durante el proceso de la obtención de imágenes de DR;
- 20 la Figura 11 muestra un diagrama de flujo de un proceso de determinación de una posición de barrido por TAC mediante el procesamiento de la imagen de DR;
- 25 la Figura 12 muestra un proceso para la obtención de imágenes de TAC;
- la Figura 13 muestra una disposición de los datos de proyección por TAC durante el proceso de la obtención de imágenes de TAC;
- 30 la Figura 14 muestra un proceso para medir los atributos del líquido;
- la Figura 15A y la Figura 15B muestran diagramas de imágenes de TAC reconstruidas en el caso de que haya diversos artículos líquidos a inspeccionar de acuerdo con una segunda realización de la presente invención;
- 35 la Figura 16A a la Figura 16K muestran un proceso de cómo girar las imágenes de reconstrucción por TAC y/o el mecanismo de transporte lineal con la posición antes del barrido por TAC;
- la Figura 17 muestra un diagrama de flujo para llevar a cabo la operación de inspección en el caso de que haya varios artículos a inspeccionar;
- 40 la Figura 18 muestra una vista superior del mecanismo de transporte de acuerdo con una segunda realización de la presente invención;
- la Figura 19 muestra una vista lateral de un tambor dividido de acuerdo con una realización de la invención;
- 45 la Figura 20 muestra una vista superior de un tambor dividido;
- la Figura 21 muestra una vista inferior de un tambor dividido;
- 50 la Figura 22 muestra un proceso de cómo detectar automáticamente el tambor dividido y la marca durante la operación de inspección;
- la Figura 23A a la Figura 23D muestran un diagrama de un proceso de rotación del tambor durante la operación de inspección;
- 55 la Figura 24 muestra un diagrama de flujo de la operación de inspección de acuerdo con una tercera realización de la invención;
- la Figura 25 es un diagrama para explicar el proceso de barrido por TAC en espiral de un artículo líquido;

la Figura 26A a la Figura 26M son diagramas que ilustran las imágenes obtenidas al realizar un barrido por TAC en espiral sobre el artículo líquido.

## 5 Descripción detallada de las realizaciones preferidas

**[0056]** Las realizaciones preferidas de la invención se describen ahora a continuación con mayor detalle con referencia a los dibujos acompañantes. En los dibujos se usan los mismos números de referencia para indicar componentes idénticos o similares a los que se muestran en las diferentes figuras. En aras de la claridad, se omitirá la descripción detallada de la función y estructura conocidas incorporadas en este documento, que de lo contrario perjudicaría al objeto de la invención.

### [PRIMERA REALIZACIÓN]

**[0057]** La Figura 1 es un diagrama esquemático de la estructura de un dispositivo de inspección de acuerdo con una realización de la invención.

**[0058]** Como se muestra en la Figura 1, el dispositivo de inspección de acuerdo con la invención comprende una fuente de radiación 10 para emitir rayos X de doble fuente para inspección, por ejemplo, una máquina de rayos X; un mecanismo de transporte 40 que transporta el artículo líquido 20 a inspeccionar y que puede girar en torno a su eje Z y que puede ascender o descender para llevar el artículo líquido 20 a la zona de inspección, por lo que las radiaciones emitidas por la fuente de radiación 10 se pueden transmitir a través del artículo líquido 20 inspeccionado; un medio de detección y recolección 30 que es un módulo integrado de un detector y un recolector de datos, que se usa para detectar las radiaciones de doble fuente transmitidas a través del artículo líquido 20 para obtener señales analógicas, y convertir las señales analógicas en señales digitales, y por tanto la salida de los datos de barrido del artículo líquido 20 con respecto a los rayos X de alta energía y los rayos X de baja energía; un controlador 50 que controla cada componente de la totalidad del sistema de manera que funcionen de manera sincronizada; y un procesador de datos de ordenador 60 para procesar los datos recogidos por el recolector de datos y presentar los resultados de la inspección.

**[0059]** Como se muestra en la Figura 1, la fuente de radiación 10 se encuentra a un lado del mecanismo de transporte 40 que transporta el artículo líquido 20 a inspeccionar, mientras que los medios de detección y recolección 30 se encuentran en el otro lado del mecanismo de transporte 40. El medio de detección y recolección 30 comprende un detector y un recolector de datos para obtener los datos DR y los datos de proyección de múltiples ángulos del artículo líquido 20. El recolector de datos tiene un circuito de amplificación y conformación de la señal, que trabaja en modo de integración (corriente) o modo pulsado (recuento). El medio de detección y recolección 30 tiene su cable de salida de datos conectado al procesador de datos de ordenador 60 para almacenar los datos recogidos en el procesador de datos de ordenador 60 según las instrucciones de activación.

**[0060]** Además, el dispositivo de inspección también comprende un paso de artículo cilíndrico 20 fabricado de metales y que tiene aperturas en las zonas inferiores de la pared lateral para permitir que el artículo líquido se pueda irradiar con radiaciones y apantallar algunas de las radiaciones que no irradian los artículos líquidos. El artículo líquido 20 inspeccionado se encuentra en el paso del artículo.

**[0061]** La Figura 2 muestra un diagrama de bloques del procesador de datos de ordenador 60 de la Figura 1. Como se muestra en la Figura 2, los datos recogidos por el recolector de datos se almacenan en la memoria 61 a través de una unidad de interfaz 68 y un bus 64. Los datos de configuración y los programas del procesador de datos de ordenador se almacenan en la ROM (memoria sólo de lectura, Read Only Memory en inglés) 62. La RAM (memoria de acceso aleatorio, Random Access Memory en inglés) 63 se usa para almacenar temporalmente diversos datos durante el procedimiento operativo del procesador 66. Además, los programas de ordenador también se almacenan en la memoria 61 para el procesamiento de datos. El bus interno 64 conecta la memoria 61, la ROM 62, la RAM 63, el dispositivo de entrada 65, el procesador 66, el dispositivo de visualización 67 y la unidad de interfaz 68 juntos.

**[0062]** Después de que el usuario introduzca los comandos operativos a través del dispositivo de entrada 65 tales como un teclado y un ratón, el código de instrucción de los programas de ordenador dará las instrucciones al procesador 66 para llevar a cabo un algoritmo de procesamiento de datos predeterminado. Después de que se obtengan los resultados de procesamiento, se visualizarán en el dispositivo de visualización 67 tal como una pantalla de LCD, o se redireccionarán en forma de copia física tal como una impresión.

- [0063]** La Figura 3 muestra un diagrama de bloques del controlador de acuerdo con una primera realización de la invención. Como se muestra en la Figura 3, el controlador 50 comprende una unidad de control 51 para controlar la fuente de radiación 10, el mecanismo de transporte 40 y el medio de detección y recolección 30 en base a las instrucciones procedentes del ordenador 60; una unidad de generación de la señal de activación 52 para generar los comandos de activación para activar la fuente de radiación 10, el medio de detección y recolección 30 y el mecanismo de transporte 40 para que funcione bajo el control de la unidad de control 51; un primer motor de impulsión 55 para impulsar el mecanismo de transporte 40 para que ascienda o descienda según el comando de activación generado por la unidad de generación de la señal de activación 52 bajo el control de la unidad de control 51; una unidad de obtención de la información de la altura 53 para enviar la información de la altura del mecanismo de transporte de vuelta a la unidad de control 51 a medida que el mecanismo de transporte se mueve; una unidad de obtención de la información del ángulo 54 para enviar el ángulo de rotación del mecanismo de transporte 40 de vuelta a la unidad de control 51 durante el proceso de rotación del mecanismo de transporte 40.
- 15 **[0064]** De acuerdo con la realización de la invención, la unidad de obtención de la información de la altura 53 y la unidad de obtención de la información del ángulo 54 son ambos discos fotoeléctricos codificados, y así tienen la ventaja de eliminar interferencias.
- [0065]** De acuerdo con la realización de la invención, los artículos peligrosos se pueden inspeccionar midiendo la densidad y el número atómico del líquido en los artículos líquidos y determinando si la densidad y el número atómico medidos caen dentro de una región peligrosa predeterminada. La densidad y el número atómico del líquido seguro (tal como bebidas, productos para el cuidado de la piel, cosméticos, etc.) y los del líquido peligroso (tal como líquidos inflamables, explosivos líquidos, líquidos corrosivos fuertes, etc.) son drásticamente diferentes entre sí. Por ejemplo, en lo que respecta al agua que es un líquido seguro, su densidad es de 1 aproximadamente (su densidad característica es de 1,11), y su número atómico es de 7,51 aproximadamente. En lo que respecta al alcohol que es un líquido peligroso, su densidad es de 0,79 aproximadamente (su densidad característica es de 0,89), y su número atómico es de 6,47. Por tanto el líquido seguro y el líquido peligroso se pueden distinguir entre sí en base a la densidad y al número atómico mediante un método de reconocimiento de patrones.
- 30 **[0066]** La Figura 4A y la Figura 4B muestran diagramas del método de inspección del artículo líquido de acuerdo con una realización de la presente invención. En el espacio bidimensional construido por la densidad y el número atómico, se identifican una o más regiones de manera que si la densidad y el número atómico del artículo inspeccionado se encuentran en estas regiones, entonces el artículo inspeccionado se considera un líquido seguro; en caso contrario se considera un líquido peligroso. Las regiones para el líquido seguro se determinan midiendo un gran número de líquidos seguros y líquidos peligrosos, y tomando como regiones para el líquido seguro aquellas regiones en las que el líquido seguro es denso mientras que el líquido peligroso es escaso. Como se muestra en la Figura 4A, una región para el líquido seguro y una región para el líquido peligroso se pueden determinar en el espacio bidimensional de densidad-número atómico midiendo la densidad y el número atómico de varios líquidos. A continuación, la región para el líquido seguro se reduce para mejorar la sensibilidad de la inspección, como se muestra en la Figura 4B. De esa manera, habiendo obtenido la densidad y el número atómico del artículo líquido, se puede determinar si el artículo líquido es peligroso en base a la posición de la densidad y el número atómico en el espacio bidimensional.
- 45 **[0067]** La Figura 5 es un diagrama que muestra la relación entre una imagen de DR y una imagen de TAC. De acuerdo con la invención, en primer lugar se obtiene una imagen de DR sobre el artículo líquido para determinar la porción líquida del artículo líquido, y a continuación se obtiene una imagen de TAC sobre la porción líquida sólo para mejorar la velocidad de inspección.
- [0068]** La Figura 6 y la Figura 7 muestran ejemplos del resultado de una imagen de DR, respectivamente. Como se muestra en la Figura 6, después de que se obtenga una imagen de DR sobre un artículo líquido, el líquido en el artículo líquido se puede determinar mediante el análisis de los píxeles como se describe a continuación. Como se muestra en la Figura 6, el artículo líquido únicamente contiene un tipo de líquido. No obstante, como se muestra en la Figura 7, debido a diferentes coeficientes de atenuación de diferentes tipos de líquido, cuando en el artículo líquido están contenidos dos o más tipos de líquido y forman varias capas, las posiciones de las interfases de las capas se pueden determinar mediante el análisis de los píxeles de la imagen de DR obtenida mediante la obtención de imágenes de DR. Después de eso, la obtención de imágenes de TAC se puede realizar una por una sobre cada capa de líquido.
- [0069]** La Figura 8 muestra un diagrama de flujo esquemático del método de inspección de un artículo líquido

de acuerdo con la primera realización de la invención. Como se muestra en la Figura 8, los artículos líquidos transportados por un pasajero deben pasar a través de la inspección de seguridad, por ejemplo, cuando pasa por aduanas. En primer lugar en la etapa S111, el operador humano coloca el artículo líquido a inspeccionar en el mecanismo de transporte 40.

5

**[0070]** A continuación, en la etapa S112, el operador pulsa un botón de inicio para comenzar un barrido por DR y así generar una imagen de DR, como se muestra en la Figura 6 y en la Figura 7.

**[0071]** Como se ha descrito anteriormente, el propósito del barrido por DR es obtener una imagen de transmisión de los artículos líquidos inspeccionados de manera que el operador pueda distinguir la estructura interna de los artículos líquidos inspeccionados para especificar posiciones en la imagen de DR en las que se debe realizar la obtención de imágenes de TAC. El *software* del sistema también puede usar la imagen de DR para identificar automáticamente las posiciones de las capas de líquido y guiar en la posterior obtención de imágenes de TAC. A continuación se describirá el proceso detallado de la obtención de imágenes de DR.

15

**[0072]** El barrido por TAC se puede realizar especificando directamente varias posiciones sin guía del barrido por DR, para mejorar la velocidad de inspección (esta realización no obstante, no forma parte de la invención). Por ejemplo, se ha comprobado que la mayoría de artículos líquidos tienen una altura de menos de 5 cm de líquido; de esta manera se puede usar los 5 cm desde la parte inferior como posición de barrido pre-especificada. Además, el operador puede detectar visualmente el tamaño del artículo inspeccionado, y por experiencia específica una altura adecuada. Por ejemplo, la altura de barrido de una lata de Coca-Cola se puede establecer a 3 cm, mientras que la altura de barrido de una botella de vino con una parte inferior gruesa se puede establecer a 10 cm.

20

**[0073]** Habiendo obtenido la imagen de DR, se pueden determinar las posiciones de barrido por TAC mediante análisis automático de la imagen de DR (etapa S113A), o mediante el operador usando el dispositivo de entrada 65 tal como un ratón (etapa S113B), o mediante una combinación de estos dos métodos. De esa forma, el barrido por TAC únicamente se realiza en ciertas posiciones en los artículos líquidos, de manera que se acelera la inspección sin reducir la calidad de la inspección.

25

**[0074]** A continuación el proceso de barrido por TAC se realiza en la etapa S114 en las posiciones determinadas en los artículos líquidos para obtener los datos de proyección por TAC y la imagen de TAC se reconstruye en base a los datos de proyección por TAC. Cada píxel de la imagen de TAC indica la densidad, número atómico y otros atributos físicos de la parte correspondiente en los artículos líquidos.

30

**[0075]** A continuación, el ordenador analiza la imagen de TAC ejecutando un programa de análisis, y obtiene la densidad y el número atómico medidos en la etapa S115. A continuación, en la etapa S116, se determina si un punto definido por la densidad y el número atómico medidos se encuentra en una región predeterminada en el espacio bidimensional de densidad-número atómico. En la etapa S117, si el punto definido por la densidad y el número atómico se encuentra en la región de peligro predeterminada, entonces el artículo líquido es sospechoso y podría ser un artículo peligroso, y se avisa al operador o el resultado de la inspección se imprime.

35

40

**[0076]** La operación detallada de cada etapa se describirá con respecto a las Figuras 9-14. La Figura 9 muestra un diagrama de flujo del proceso de una imagen de DR, y la Figura 10 muestra la disposición de los datos de la imagen de DR recogidos por el medio de detección y recolección 30 durante el proceso de la obtención de imágenes de DR.

45

**[0077]** Como se muestra en la Figura 9, durante la obtención de imágenes de DR, en la etapa S210, se envía un comando al controlador 50 desde el ordenador 60 para dirigir el mecanismo de transporte 40 para que se mueva verticalmente a lo largo del paso del artículo 20. El controlador 50 monitoriza la altura del mecanismo de transporte en tiempo real mediante la unidad de obtención de la información de la altura 53 a medida que el mecanismo de transporte se mueve verticalmente.

50

**[0078]** En la etapa S211, el controlador 50 envía una señal de activación al medio de detección y recolección 30 a intervalos de una cierta altura (por ejemplo, 1 mm). El medio de detección y recolección 30 recibe la señal de activación, y a continuación recoge las señales de salida de cada detector para obtener datos de detección de alta energía y datos de detección de baja energía, y los guarda en su memoria temporal interna.

55

**[0079]** En la etapa S212, se determina si el mecanismo de transporte 40 llega hasta una altura especificada o no, tal como 500 mm. Si no es así, entonces el flujo prosigue hacia la etapa S210.

- [0080]** Si el mecanismo de transporte 40 llega hasta la altura especificada, entonces el controlador 50 no enviará la señal de activación al medio de detección y recolección 30. El ordenador 60 lee los datos de detección recogidos de alta y baja energía del medio de detección y recolección 30, y los dispone en una matriz para formar una imagen de DR. Cada píxel de imagen de DR registra la intensidad residual de las radiaciones después de transmitir las a través del artículo, incluyendo la intensidad de radiación de baja energía y la intensidad de radiación de alta energía.
- [0081]** Como se ha descrito anteriormente, las posiciones de barrido por TAC se determinan en base a la imagen de DR. Mediante identificación automática o especificación manual, en primer lugar se obtiene una identificación de la fila en la imagen de DR, y a continuación el ordenador convierte la identificación en la altura del mecanismo de transporte, y el controlador 50 recibe instrucciones para dirigir el mecanismo de transporte 40 hasta una posición específica, y a continuación se lleva a cabo la obtención de imágenes de TAC.
- [0082]** Del diagrama de flujo de la obtención de imágenes de DR, cada fila de la imagen de DR corresponde a una altura del mecanismo de transporte 40. Si se asume que la altura del mecanismo de transporte es 0 cuando comienza la obtención de imágenes de DR, el mecanismo de transporte 40 desciende durante la obtención de imágenes, y la recolección se activa a intervalos de  $h$  mm, entonces la fila  $m$ -ésima en la imagen de DR corresponde a una altura de  $-m \cdot h$  del mecanismo de transporte.
- [0083]** La Figura 11 muestra un diagrama de flujo de un proceso de determinación de una posición de barrido por TAC mediante el procesamiento sobre la imagen de DR.
- [0084]** En la imagen de DR, el artículo líquido inspeccionado en general se divide en la parte inferior de la botella, una parte líquida, el cuello de la botella, la cubierta de la botella, etc. La parte líquida se puede extraer mediante una técnica de análisis de la imagen, y a continuación se pueden determinar las posiciones de barrido por TAC.
- [0085]** En la etapa S310, se puede obtener una imagen de DR de un solo valor con bajo ruido integrando y suavizando los datos de alta y baja energía de la imagen de DR. Por ejemplo, el método específico para integrar los datos de alta y baja energía pueden ser la selección de cualquiera de los datos de alta o baja energía como resultado de la integración, o la combinación ponderada de los datos de alta y baja energía. El método de suavizado puede ser un proceso de filtración de la imagen con un filtro de Gauss.
- [0086]** En la etapa S311, se extrae el artículo líquido (primer plano) en la imagen de DR suavizada, y se retira el aire (fondo). El método específico puede establecer un umbral, y tomar píxeles con valores por encima del umbral como píxeles de primer plano, y otros píxeles como píxeles de fondo. El principio de usar un umbral para retirar el fondo es que el artículo líquido bloquea las radiaciones, y así los píxeles correspondientes en la imagen de DR tienen valores bajos (la imagen de DR registra la intensidad residual de las radiaciones).
- [0087]** En la etapa S312, se extraen los píxeles del borde horizontal en la imagen de DR suavizada. El método específico es el cálculo de la diferencia entre cada píxel en la imagen de DR y el píxel adyacente próximo en la dirección vertical, y la toma del píxel como píxel del borde horizontal si la diferencia es mayor que un umbral.
- [0088]** En la etapa S313, se extraen las filas del borde horizontal en la imagen de DR. Las filas del borde horizontal se corresponden con la interfaz entre la parte inferior y el líquido, la interfaz entre el líquido y el aire, y la interfaz entre la cubierta y el aire o las interfaces en el contenedor entre las diferentes capas de líquido. El método para conseguir las filas del borde horizontal es calcular una relación del número de píxeles del borde horizontal y el número de píxeles en primer plano en cada fila, y tomar la fila como fila de borde horizontal si la relación es mayor que un umbral (por ejemplo, el 50 %).
- [0089]** En la etapa S314, la imagen de DR está dividida verticalmente, y se excluyen regiones no líquidas. Las filas del borde horizontal en la imagen de DR dividen la imagen de DR en una serie de regiones, que incluyen la parte inferior de la botella, la porción de líquido (que puede tener varias capas con densidades diferentes), una porción de espaciamiento dentro de la botella (si la hubiese) y una cubierta de botella. Las regiones no líquidas se pueden excluir estableciendo una regla de selección, que puede ser:

a) En la dirección vertical, se excluye una región con el número de filas inferior a un umbral. La región con un bajo número de filas es una región de poco espesor, que pudiera ser la parte inferior de la botella, la cubierta de la botella o una porción de espaciamiento en la parte superior de la botella (por ejemplo, el aire en la parte superior de una

lata). El umbral se puede establecer investigando la parte inferior de la botella, la cubierta de la botella y el espesor del aire en el contenedor de diversos contenedores de envases líquidos.

b) En la dirección horizontal, se excluye una región con un número promedio de píxeles de primer plano de cada fila inferior a un umbral. Dicha región en general es el cuello fino de la botella. El umbral se puede ajustar obteniendo la anchura de los cuellos de la botella de diversos contenedores de envases líquidos.

**[0090]** En la etapa S315, se determina la posición de barrido por TAC de la región(es) líquida(s) para localizar las respectivas capas del líquido, excluyendo las regiones no líquidas. Las filas centrales en la dirección de altura de estas regiones se toman como posiciones de barrido por TAC.

**[0091]** Más arriba se ha descrito el proceso para la determinación automática de las posiciones de barrido por TAC. En el caso de especificar manualmente las posiciones de barrido, el operador especifica directamente las filas sobre la imagen de DR visualizada mediante el dispositivo de entrada 65 como posiciones de barrido por TAC.

**[0092]** La Figura 12 muestra un proceso de obtención de imágenes de TAC, y la Figura 13 muestra la disposición de los datos de proyección por TAC durante el proceso de obtención de imágenes de TAC.

**[0093]** Como se muestra en la Figura 12, después de que se hayan determinado las posiciones por TAC, se realiza un proceso de obtención de imágenes de TAC, es decir, se realiza la obtención de imágenes de TAC en las posiciones de barrido por TAC determinadas para generar una imagen de densidad-número atómico de una sección del artículo inspeccionado, para medir la densidad y el número atómico del líquido. Como se ha descrito anteriormente, la obtención de imágenes de TAC únicamente se realiza sobre las posiciones habituales, y así se puede ahorrar en gran medida el paso del tiempo.

**[0094]** En la etapa S410, el ordenador 60 envía un comando al contralor 50 para dirigir el mecanismo de transporte 40 para que gire un ángulo, tal como un grado. El controlador 50 monitoriza el ángulo del mecanismo de transporte en tiempo real mediante la unidad de obtención de información del ángulo 54 durante la rotación del mecanismo de transporte.

**[0095]** En la etapa S411, el monitor 50 envía una señal de activación al medio de detección y recolección 30 después de una rotación de un grado. El medio de detección y recolección 30 recibe la señal de activación, y recoge las señales de salida de los respectivos detectores y las guarda en su memoria temporal interna.

**[0096]** A continuación, en la etapa S412, se determina si el ángulo de rotación acumulado alcanza un ciclo o no. Si no es así, entonces el flujo prosigue hacia la etapa S410 y continúa el proceso anterior.

**[0097]** Si el ángulo de rotación acumulado alcanza un ángulo especificado (tal como 360 grados), entonces en la etapa S413 se detiene la rotación, y el controlador 50 ya no enviará la señal de activación al medio de detección y recolección 30. El ordenador 60 lee las señales recogidas del detector de alta y baja energía en el medio de detección y recolección 30 y las dispone en una matriz de datos para formar los datos de proyección por TAC, como se muestra en la Figura 13. Cada píxel de los datos de proyección por TAC registra la intensidad residual de las radiaciones después de transmitir las a través del artículo, incluyendo la intensidad de radiación de baja energía y la intensidad de radiación de alta energía.

**[0098]** En la etapa S414, el ordenador 60 reconstruye una imagen tomográfica de la densidad y el número atómico, es decir, una imagen de TAC, a partir de los datos de proyección por TAC de alta y baja energía mediante un algoritmo de reconstrucción de doble fuente. Cada píxel de la imagen de TAC registra la densidad y el número atómico del artículo inspeccionado en la posición correspondiente al píxel.

**[0099]** El proceso de reconstrucción de imagen tomográfica a partir de los datos de proyección CR de alta y baja energía se describe a continuación.

### Principios matemáticos de la TAC

**[0100]** Se puede obtener una función unidimensional  $p_{\theta}(t)$  integrando linealmente una distribución bidimensional  $u(x,y)$  a lo largo de una dirección  $\theta$ , función que se denomina proyección de  $u(x,y)$  a un ángulo  $\theta$ . Si se ha obtenido  $p_{\theta}(t)$  de las respectivas direcciones, entonces se puede calcular con precisión la distribución bidimensional  $u(x,y)$  mediante una transformación de Radon. El proceso de cálculo de una distribución bidimensional

a partir de la proyección se denomina reconstrucción.

**[0101]** En la aplicación real, la proyección del coeficiente de atenuación de una sección de un artículo en las respectivas direcciones se puede medir mediante una máquina de rayos X y un detector que gira un ciclo en torno al artículo. A continuación, se puede reconstruir la distribución bidimensional del coeficiente de atenuación a partir del principio TAC.

**Modelo de descomposición del material base**

10 **[0102]** En el intervalo de energía de un mini sistema de inspección de seguridad de rayos X (<200 keV), el coeficiente de atenuación de la radiación se puede expresar aproximadamente mediante la siguiente fórmula (1).

$$\mu(E) = a_1 f_p(E) + a_2 f_{KN}(E) \tag{1}$$

$$a_1 = \frac{\rho Z}{M} Z^n \tag{2}$$

$$a_2 = \frac{\rho Z}{M} \tag{3}$$

15 **[0103]** En la fórmula (1), el coeficiente de atenuación lineal,  $\mu(E)$ , como función de la energía  $E$  de los rayos X, se descompone en  $f_p(E)$ , que indica la contribución del efecto fotoeléctrico, y  $f_{KN}(E)$ , el efecto Compton. Tanto  $f_p(E)$  como  $f_{KN}(E)$  tienen fórmulas conocidas, que se omiten en este documento. Los coeficientes de descomposición  $a_1$  y  $a_2$  están relacionados con el número atómico, el número másico y la densidad, con las fórmulas que se muestran en (2) y (3), en la que  $Z$  indica el número atómico,  $M$  indica el número másico,  $\rho$  indica la densidad ( $\text{g/cm}^3$ ) y  $n$  es una constante.

**[0104]** Según la fórmula (1), con una distribución de energía de rayos X determinada, se puede determinar unívocamente el coeficiente de atenuación lineal de cada sustancia mediante sólo dos coeficientes  $a_1$  y  $a_2$ . Por tanto, si seleccionamos dos materiales básicos, tal como carbono y aluminio, entonces todos los demás materiales se pueden expresar como combinación lineal de los coeficientes de atenuación lineal de estos materiales básicos, como se muestra en la siguiente fórmula (4).

$$\mu(E) = b_1 \mu_1(E) + b_2 \mu_2(E) \tag{4}$$

30 **[0105]** La fórmula (4) es sólo una transformación lineal de la fórmula (1), en la que  $\mu_1(E)$  y  $\mu_2(E)$  son los coeficientes de atenuación lineal de los materiales básicos seleccionados, y  $b_1$  y  $b_2$  se denominan coeficientes del material básico. Otra interpretación de la fórmula (4) es que el coeficiente de atenuación lineal de cualquier material se puede considerar como la suma ponderada de los coeficientes de atenuación lineal de dos materiales básicos.

35 **[0106]** A continuación definimos una *densidad característica*,  $\rho^*$ , como el producto de la relación del doble del número atómico y el número másico con la densidad, como en la fórmula (5).

$$\rho^* = \rho \frac{2Z}{M} \tag{5}$$

40 **[0107]** Suponiendo que ya se conocen los números atómicos y las densidades características de los dos materiales básicos como  $(Z_1, \rho_1^*)$  y  $(Z_2, \rho_2^*)$  respectivamente, el número atómico y la densidad característica de cualquier material se puede obtener a partir de las fórmulas anteriores (1)-(4) como sigue.

$$\rho^* = b_1 \rho_1^* + b_2 \rho_2^* \quad (6)$$

$$Z = \left( \frac{b_1 \rho_1^* Z_1^n + b_2 \rho_2^* Z_2^n}{b_1 \rho_1^* + b_2 \rho_2^*} \right)^{1/n} \quad (7)$$

**Modelo de proyección del material básico**

5 **[0108]** El espectro de energía generado mediante un tubo de rayos X normalmente es un espectro continuo. La función de respuesta energética de un detector a los rayos X no es constante. Suponiendo que el producto del espectro de energía  $N(E)$  y la función de respuesta energética  $P_d(E)$  es  $S(E)$ , y  $S(E)$  se normaliza de la manera siguiente,

$$\int_0^{E_m} S(E) dE = 1 \quad (8)$$

entonces la proyección se puede expresar sobre una línea de proyección como la integración siguiente:

$$p = -\ln \frac{I}{I_0} = -\ln \int_0^{E_m} S(E) \exp\left(-\int_l \mu(E, x, y) dl\right) dE \quad (9)$$

15 en la que  $I_0$  e  $I$  respectivamente indican las lecturas del detector antes y después de que las radiaciones hayan sido atenuadas por el artículo,  $E_m$  indica la energía máxima de las radiaciones, e  $l$  indica la trayectoria de las radiaciones.

20 **[0109]** La fórmula (9) anterior muestra la relación entre la proyección  $p$  medida y la distribución bidimensional  $\mu(x,y)$ . Es evidente que la fórmula (9) no es la integración lineal de  $\mu(x,y)$  debido a que la energía de los rayos X no es una constante, y así no cumple con el requisito del principio matemático de la TAC.

25 **[0110]** El algoritmo de reconstrucción convencional no tiene en cuenta dicha uniformidad, y en consecuencia la imagen reconstruida de  $\mu(x,y)$  tendrá un artefacto con forma de copa, que se denomina artefacto endurecido. Si calculamos dos grupos de  $\mu(x,y)$  mediante un algoritmo de reconstrucción convencional, y a continuación obtenemos información tal como el número atómico y la densidad, el resultado también presentará artefactos.

30 **[0111]** La presente invención resuelve este problema con el modelo de descomposición del material básico. Al sustituir la fórmula (4) en la fórmula (9) obtendremos un modelo de proyección del material básico,

$$p = -\ln \int_0^{E_m} S(E) \exp\left(-\int_l [\mu_1(E) b_1(x, y) + \mu_2(E) b_2(x, y)] dl\right) dE \quad (10)$$

Sea

$$\int b_1(x, y) dl = B_1 \quad (11)$$

$$\int b_2(x, y) dl = B_2 \quad (12)$$

35 en las que  $B_1$  y  $B_2$  se denominan como la proyección de los coeficientes del material básico  $b_1(x,y)$  y  $b_2(x,y)$ . A continuación se pueden obtener los datos de proyección de doble fuente recogiendo los datos de proyección en energía doble.

$$p_1(B_1, B_2) = -\ln \int_0^{E_1} S_1(E) \exp[-B_1\mu_1(E) - B_2\mu_2(E)] dE \quad (13)$$

$$p_2(B_1, B_2) = -\ln \int_0^{E_2} S_2(E) \exp[-B_1\mu_1(E) - B_2\mu_2(E)] dE \quad (14)$$

en las que  $E_1$  indica la energía máxima de las radiaciones de baja energía, y  $E_2$  indica la energía máxima de las radiaciones de alta energía. Después de que se mida  $(p_1, p_2)$ , se puede resolver  $(B_1, B_2)$  en base a las fórmulas (13) y (14), que se describirán en la siguiente sección. Y después de que se hayan obtenido  $(B_1, B_2)$  en todos los ángulos, se puede reconstruir la distribución de los coeficientes del material básico  $b_1(x,y)$  y  $b_2(x,y)$  según la teoría de reconstrucción de TAC. A continuación se pueden calcular el número atómico y la distribución de densidad característica del artículo y el coeficiente de atenuación lineal de cualquier energía según el modelo de descomposición del material básico.

**Solución de la proyección del coeficiente del material básico  $(B_1, B_2)$**

[0112] Tanto la fórmula (13) como (14) son fórmulas integrales logarítmicas, que no se pueden resolver analíticamente. El método iterativo no lineal convencional requiere una gran cantidad de cálculo, y no se pueden obtener fácilmente soluciones estables.

[0113] Cabe señalar que la proyección de doble fuente medida se puede expresar de la manera siguiente después de que las radiaciones pasen a través de los materiales básicos 1 y 2 con espesores de  $d_1$  y  $d_2$ :

$$p_1 = -\ln \int_0^{E_1} S_1(E) \exp[-d_1\mu_1(E) - d_2\mu_2(E)] dE \quad (15)$$

$$p_2 = -\ln \int_0^{E_2} S_2(E) \exp[-d_1\mu_1(E) - d_2\mu_2(E)] dE \quad (16)$$

[0114] Comparando de las fórmulas (13) y (14) con (15) y (16), se puede observar que el par de proyección medido  $(p_1, p_2)$  es el mismo. Es decir, el par de datos de proyección  $(B_1, B_2)$  de los materiales básicos es lo mismo que el par del espesor  $(d_1, d_2)$  de los materiales básicos. Por lo tanto, se puede obtener la correspondencia entre el par de datos de la proyección de doble fuente  $(p_1, p_2)$  y el par de datos de proyección del coeficiente del material básico  $(B_1, B_2)$  midiendo la proyección de doble fuente del par de espesor diferente, y se puede formar una tabla de referencia. Por interpolación lineal se puede calcular un par  $(B_1, B_2)$  a partir de  $(p_1, p_2)$  de acuerdo con la tabla de referencia, en lugar de un proceso de solución de complejo.

[0115] La Figura 14 muestra el proceso para la medición de los atributos del líquido.

[0116] Como se muestra en la Figura 14, en la etapa S510, la imagen de densidad y la imagen de número atómico están integradas y suavizadas para formar una imagen de TAC de un solo valor con bajo nivel de ruido. El método de integración específico puede ser la selección de la imagen de densidad o de la imagen de número atómico como resultado de la integración o combinación ponderada de las dos imágenes. El método de suavizado específico puede ser el filtrado de la imagen con un filtro de Gauss.

[0117] En la etapa S511, se extraen los artículos inspeccionados (primer plano, incluyendo el líquido y su envase) en la imagen de TAC suavizada, y se elimina la imagen del aire (fondo). Un método específico es establecer un umbral, y tomar píxeles con valores por encima del umbral como píxeles de primer plano, y otros píxeles como píxeles de fondo. La razón es que la densidad y el número atómico del aire son casi cero, mientras que los del artículo líquido inspeccionado son relativamente más grandes.

[0118] En la etapa S512, se extraen los píxeles del líquido en los píxeles de primer plano. Un método específico para la extracción puede incluir las siguientes etapas. En primer lugar, se establece una imagen binaria

correspondiente a la imagen de TAC, ajustando el valor de los píxeles de primer plano a uno, y el valor de los píxeles de fondo a cero. A continuación, se aplica la técnica de la erosión morfológica a la imagen binaria para eliminar el envase, ya que el líquido siempre se encuentra en el interior del envase. Se pueden establecer los tiempos de las corrosiones de acuerdo con el espesor del envase.

5

**[0119]** En la etapa S513, la densidad media y el número atómico promedio de todos los píxeles de líquido en la imagen de TAC se pueden calcular como el resultado de salida de esta medición.

**[0120]** Además, si el proceso de análisis de la imagen de DR encuentra que el líquido tiene varias capas, se repiten las etapas anteriores respecto a cada capa para determinar si alguna capa es sospechosa. El operador puede ser informado del resultado de la inspección final.

[SEGUNDA REALIZACIÓN]

15 **[0121]** La primera forma de realización anterior se refiere al caso de que se inspeccione un único artículo líquido cada vez. Se describirá un proceso de inspección de una pluralidad de artículos líquidos cada vez con respecto a las Figuras 15-18. La segunda realización difiere de la primera realización en que las posiciones del resultado de la obtención de imágenes que aparecen en el visualizador deben corresponder a las posiciones de los artículos sobre el mecanismo de transporte de modo que el operador humano pueda determinar qué artículo es peligroso después de que se haya obtenido la imagen de TAC. La Figura 15A y la Figura 15B muestran diagramas de las imágenes de TAC reconstruidas en caso de que se deban inspeccionar una pluralidad de artículos líquidos de acuerdo con la segunda realización.

20 **[0122]** Por ejemplo, si el operador observa los artículos inspeccionados sobre el mecanismo de transporte desde la parte superior, entonces las posiciones de los respectivos artículos sobre las imágenes de TAC de todas las capas deben corresponder a la vista superior del mecanismo de transporte.

**[0123]** La Figura 16A a la Figura 16K muestran el proceso de cómo girar las imágenes de reconstrucción por TAC y/o el mecanismo de transporte a alinear con la posición antes del barrido por TAC.

30

**[0124]** La Figura 16A muestra una vista superior del mecanismo de transporte 40 cuando comienza la primera imagen de TAC, en la que el ángulo del mecanismo de transporte se indica mediante una flecha. La Figura 16B muestra la primera imagen de TAC, en la que el rango de rotación del mecanismo de transporte se identifica por la línea de trazos. Cabe señalar que la Figura 16B está alineada con la Figura 16A por el algoritmo de reconstrucción por TAC convencional. La Figura 16C muestra la primera imagen de TAC visualizada después de la inspección, que es la misma que la Figura 17B porque no se necesita más rotación.

**[0125]** La Figura 16D muestra una vista superior del mecanismo de transporte al comienzo de la enésima obtención de imágenes de TAC. A partir de la Figura 16D se puede observar que el mecanismo de transporte gira un ángulo con respecto a ello antes de la primera obtención de imágenes de TAC. La Figura 16E muestra la imagen de TAC de la Figura 16D y la Figura 16F muestra la enésima imagen que aparece en la pantalla después de la inspección, que está alineada con la primera imagen de TAC por rotación.

45 **[0126]** La Figura 16G muestra una vista superior del mecanismo de transporte al inicio de la obtención de la última imagen de TAC. A partir de la Figura 16G se puede observar que el mecanismo de transporte gira un ángulo con respecto a la del inicio de la obtención de la primera imagen de TAC. La Figura 16H muestra la imagen de TAC de la Figura 16G, y la Figura 16I muestra la última imagen de TAC que aparece en la pantalla después de la inspección, que está alineada con la primera capa de la imagen de TAC por rotación.

50 **[0127]** La Figura 16J muestra una vista superior del mecanismo de transporte después de que termine la obtención de la última imagen de TAC, en la que el mecanismo de transporte gira un ángulo con respecto a ello antes de que comience la obtención de la primera imagen de TAC. La Figura 16K muestra una vista superior del mecanismo de transporte después de la inspección, que vuelve a la posición de la Figura 16A.

55 **[0128]** El procedimiento de alineamiento básico es: después de completar la obtención de imágenes de TAC, se ajustan los ángulos de las respectivas capas de la imagen de TAC y del mecanismo de transporte. En primer lugar, las respectivas capas de las imágenes de TAC se giran según los ángulos del mecanismo de transporte a los respectivos inicios de la obtención de imágenes de TAC (los grados se pueden obtener mediante la unidad de obtención de información del ángulo 54) de manera que las posiciones del mismo artículo en la imagen de TAC de

las respectivas capas estén alineadas, por ejemplo, con la primera capa de TAC. A continuación, el ángulo del mecanismo de transporte se ajusta de manera que la vista superior del mecanismo de transporte se corresponda con la imagen de TAC.

5 **[0129]** Por ejemplo, suponiendo que la obtención de imágenes de TAC se realiza N veces, y el ángulo del mecanismo de transporte es  $\alpha_n$  al enésimo comienzo de la obtención de imágenes de TAC, y  $\beta_n$  al enésimo final de la obtención de imágenes de TAC. El mecanismo de transporte gira en sentido antihorario en la vista superior. Para que la posición del artículo en la enésima imagen de TAC sea consistente con la de la primera, la enésima imagen de TAC gira  $\alpha_n - \alpha_1$  en sentido antihorario. Y por último el mecanismo de transporte gira  $360 - (\beta_n - \alpha_1)$  en sentido antihorario de manera que la vista superior del mecanismo de transporte sea consistente con la imagen de TAC.  
10

**[0130]** La Figura 17 muestra un diagrama de flujo para realizar la operación de inspección en el caso de que se deban inspeccionar una pluralidad de artículos. Como se muestra en la Figura 17, en la etapa S711, el operador humano activa el sistema y se registra en la interfaz de inspección. El sistema entra en estado operativo después de una comprobación automática. A continuación el operador coloca la pluralidad de artículos a inspeccionar, tal como el artículo A y el artículo B, sobre el mecanismo de transporte 40 y aprieta un botón de inspección. Aquí, suponemos que el artículo A se coloca en la esquina superior derecha del mecanismo de transporte, y el artículo B se coloca en la esquina inferior izquierda del mecanismo de transporte.  
15

20 **[0131]** A continuación, en la etapa S712, el operador pulsa un botón de inicio para realizar el barrido por DR como se ha descrito anteriormente, para generar una imagen de DR.

**[0132]** Después de que se haya obtenido la imagen de DR, en la etapa S713A, la imagen de DR se analiza para determinar automáticamente la posición de barrido de la obtención imágenes de TAC, o en la etapa S713B, el operador manipula el dispositivo de entrada 65 tal como un ratón para especificar posiciones en las que realizar un barrido por TAC. De esa manera, el barrido por TAC únicamente se lleva a cabo en posiciones habituales en artículos líquidos, con lo que se acelera la inspección sin reducir la calidad de la inspección.  
25

**[0133]** Habiendo determinado las posiciones de barrido por TAC, en la etapa S714 se lleva a cabo un proceso de barrido por TAC, es decir, se lleva a cabo un barrido por TAC en las posiciones determinadas en los artículos líquidos para obtener los datos de proyección por TAC y se reconstruye una imagen de TAC en base a los datos de proyección por TAC. Cada píxel de la imagen de TAC indica la densidad y el número atómico de la porción correspondiente en los artículos líquidos. En el caso de que el líquido esté estratificado, el barrido por TAC se repite para cada capa.  
30

35 **[0134]** Después de que termine la última obtención imágenes de TAC, en la etapa S715 y S716, el mecanismo de transporte y cada capa de la imagen de TAC se ajustan como anteriormente de manera que las posiciones de los respectivos artículos en cada capa de la imagen de TAC sean consistentes (por ejemplo, alineadas con aquellas en la imagen de TAC de la primera capa), y consistentes con las posiciones reales de los artículos sobre el mecanismo de transporte (por ejemplo, en la vista superior), con lo que el artículo B y el artículo A se pueden distinguir entre sí.  
40

**[0135]** En la etapa S717, el procesamiento de la imagen parcial se forma previamente sobre las imágenes de TAC de cada capa (por ejemplo, usando un algoritmo de Watershed) para obtener la región líquida de cada artículo inspeccionado. En la etapa 718, se calculan la densidad media y el número atómico promedio de los respectivos píxeles en cada región de líquido. En la etapa S719, se determina si los puntos definidos por las densidades y los números atómicos medidos de las respectivas regiones líquidas se encuentran en una región predeterminada en el espacio de coordenadas de densidad-número atómico. En la etapa 720, se determina si el líquido de esta capa en el artículo inspeccionado es peligroso en base al resultado de la etapa S719.  
45

50 **[0136]** En la etapa S721, se recopilan los resultados de las respectivas capas y se presentan al operador. Uno de los métodos de recopilación es concluir que el resultado es "seguro" únicamente si se ha determinado que todas las regiones líquidas en todas las imágenes de TAC son seguras; de lo contrario el resultado es "sospechoso". Además, las imágenes de TAC de las respectivas capas se colorean y se presentan visualmente a los usuarios. Los artículos sospechosos se muestran con un cierto color (tal como rojo), y los líquidos seguros se muestran con otro color (tal como verde).  
55

**[0137]** Anteriormente se ha descrito el caso en el que se inspeccionan dos artículos líquidos. Cuando se han de inspeccionar más artículos líquidos, se dividen una pluralidad de regiones, tal como región A, región B, región C y

región D mostrada en la Figura 18, en la superficie sobre la que el mecanismo de transporte transporta los artículos líquidos, como se muestra en la Figura 18, de manera que el operador pueda valorar las posiciones de los respectivos artículos líquidos. De esta forma, el operador puede localizar los respectivos artículos líquidos en las regiones correspondientes, e introducir la información de identificación de los respectivos líquidos para las respectivas regiones.

[TERCERA REALIZACIÓN]

**[0138]** Para mejorar la eficacia de la inspección, y ayudar a que los artículos alargados permanezcan estables en el tambor, la tercera realización empleará un tambor dividido.

**[0139]** La tercera realización difiere de la segunda en que en el proceso de inspección de una pluralidad de artículos se usa un tambor dividido. La operación del sistema de inspección de acuerdo con la tercera realización se describirá con respecto a las Figuras 19-24.

**[0140]** La Figura 19 muestra una vista lateral de un tambor dividido de acuerdo con una realización de la invención, la Figura 20 muestra una vista superior de un tambor dividido, y la Figura 21 muestra una vista inferior de un tambor dividido.

**[0141]** Como se muestra en la Figura 19, el tambor dividido 70 comprende una parte inferior y una pared lateral acoplada a la parte inferior. Sobre la superficie inferior de la parte inferior se proporcionan protuberancias con forma de cono u otra forma. Las tres protuberancias con forma de cono se pueden insertar en los orificios de colocación correspondientes sobre el mecanismo de transporte 40 de manera que el tambor dividido 70 girará con el mecanismo de transporte 40 durante la rotación del mecanismo de transporte 40 para impedir que se produzca un movimiento relativo entre ellos.

**[0142]** Además, como se muestra en la Figura 19, se proporciona una brida a lo largo de la parte superior de la pared lateral para facilitar el agarre y transporte del operador. La pared lateral tiene una parte afilada de una columna o un cono, y está fabricada de materiales con elasticidad, tal como polietileno (PE) o aluminio.

**[0143]** La Figura 20 es la vista superior de tres tipos de tambores divididos. Como se muestra, se proporcionan una o más partes divisorias en el espacio formado por la parte inferior y la pared lateral. El espacio está dividido en varios sub-espacios para colocar los artículos líquidos correspondientes. De esa manera, si se han de inspeccionar una pluralidad de artículos líquidos de una vez, los artículos líquidos se colocan en los sub-espacios divididos por las partes divisorias. En este caso, sobre la superficie externa de la pared lateral se deben proporcionar marcas para localizar los artículos en el tambor. Por ejemplo, cuando se determina que un artículo de cuatro es sospechoso, se puede notificar del sospechoso al operador mediante la marca correspondiente del artículo sobre la pared lateral.

**[0144]** Por ejemplo, como se muestra en la parte izquierda de la Figura 20, se proporcionan marcas con secciones redondas de tamaños preestablecidos en el extremo de las partes divisorias, o se usa una de las partes divisorias que es más corta que las demás como marca para localizar artículos líquidos.

**[0145]** La Figura 21 es una vista inferior de un tambor dividido. A pesar de que se proporcionan uniformemente tres protuberancias en la superficie inferior de la parte inferior, las protuberancias también se pueden distribuir de manera no uniforme.

**[0146]** La Figura 22 muestra un proceso sobre cómo detectar automáticamente el tambor dividido y la marca durante una operación de inspección. Como se ha descrito anteriormente, el tambor dividido se puede detectar mediante un método de coincidencia de patrones que es habitual en el procesamiento de imágenes debido a que el tambor dividido tiene una estructura específica. Tomando como ejemplo el primer tipo de tambor con una parte divisoria en cruz, en la etapa S810 se puede establecer en primer lugar una imagen patrón con una cruz, y el centro del patrón se coloca en el centro de la imagen de TAC a identificar para obtener un valor coincidente.

**[0147]** En la etapa S811, se determina si el valor coincidente es mayor que un umbral predeterminado o no. Si no es el caso, entonces la imagen patrón se gira hasta que se obtiene la coincidencia máxima de la imagen patrón y la imagen de TAC. Si la coincidencia es mayor que un umbral predeterminado, entonces se considera que existe un tambor dividido en la imagen de TAC; de lo contrario se considera que no existe tambor dividido en la imagen de TAC.

- [0148]** En caso de que exista un tambor dividido en la imagen de TAC, entonces en la etapa S812, se puede detectar la marca de localización según sus características. Nuevamente tomando como ejemplo el primer tipo de tambor con una parte divisoria en cruz, la marca de la localización se encuentra en la parte superior de una línea divisoria que es más larga que las otras tres líneas divisorias. Después de determinar que existe un tambor dividido en la imagen de TAC mediante el método de coincidencia de patrones, la línea en cruz en la imagen patrón a la máxima coincidencia se superpone a una línea divisoria. La marca de localización se puede detectar comparando las cuatro líneas divisorias y tomando la más larga.
- 10 **[0149]** En el caso de la obtención de imágenes de TAC multicapa, en primer lugar se realiza la detección del tambor dividido y la detección de la marca de localización sobre cada una de las capas de la imagen de TAC. Si no se detecta el tambor dividido en las respectivas capas, entonces se considera que el operador no usa tambor dividido. Si se detecta un tambor dividido en al menos una capa, entonces se considera que se usa un tambor dividido. Si las posiciones de la marca de localización detectadas de las respectivas capas son diferentes, entonces aquella con la intensidad de señal más fuerte se puede tomar como la marca de localización final. Un método para describir la intensidad de señal de la marca de localización en una capa de la imagen de TAC es restar un valor promedio del valor máximo de las cuatro líneas divisorias en la capa. Cuanto mayor es la diferencia, más fuerte es la intensidad de señal de la marca de localización.
- 15 **[0150]** La Figura 23A a la Figura 23D muestran un diagrama de un proceso de rotación del tambor durante la operación de inspección. El tambor dividido se ajusta a una posición especificada ajustando la marca de localización del tambor a una posición predeterminada. Tomando como ejemplo el primer tipo de tambor con una zona divisoria en cruz, se establece un sistema de coordenadas polares con el centro de la imagen de TAC como origen, y se determinan unívocamente las posiciones de cada cámara mediante las coordenadas angulares de la marca de localización. Supongamos que el ángulo de las coordenadas polares correspondientes a la marca de localización determinada en última instancia en la imagen de TAC es  $\gamma$ , el objetivo de ajuste preestablecido del sistema es  $\theta$ , entonces el ajuste se puede realizar girando las capas de la imagen de TAC y del mecanismo de transporte en  $\theta - \gamma$ , como se muestra en la Figura 24 a continuación.
- 20 **[0151]** Como se muestra en las Figuras 23A y 23B, el tambor dividido gira un cierto ángulo hasta alcanzar una posición preestablecida. De manera similar, cada capa de la imagen de TAC gira para su alineamiento con el tambor dividido girado.
- 25 **[0152]** La Figura 24 muestra un diagrama de flujo de la operación de inspección de acuerdo con una tercera realización de la invención. Las etapas S911 a S921 son las mismas que las etapas S711 a S721 en la segunda realización anterior. Únicamente se describirán las etapas S922 a S926.
- 30 **[0153]** En la etapa S922, se analiza la imagen de TAC. En la etapa S923, se determina si existe un tambor dividido. En caso de que no haya tambor dividido, concluye la operación de inspección.
- 35 **[0154]** Si se usa un tambor, entonces en la etapa S924, la marca de localización del tambor se identifica para determinar las posiciones de cada cámara. A continuación, en la etapa S925, el mecanismo de transporte y cada capa de la imagen de TAC se ajustan adicionalmente de manera que cada cámara del tambor sobre el mecanismo de transporte y cada cámara sobre cada capa de la imagen de TAC alcancen posiciones predeterminadas.
- 40 **[0155]** En la etapa S926, el sistema enumera los resultados de las respectivas regiones líquidas de cada capa de la imagen de TAC en cada cámara, y los recopila para presentarlos visualmente al usuario. Un método de recopilación de acuerdo con la realización es concluir que el resultado de una cámara es "seguro" únicamente si se determina que todas las regiones líquidas de todas las imágenes de TAC en esta cámara son seguras; de lo contrario el resultado de la cámara es "sospechoso".
- 45
- 50

[PRIMERA VARIACIÓN]

**[0156]** Aunque la presente invención se describe con respecto al caso de la primera obtención de imágenes de DR y a continuación la obtención de imágenes de TAC, también se puede adoptar la obtención de imágenes de TAC en espiral para inspeccionar los artículos líquidos. No obstante, esta realización no pertenece a la presente invención.

**[0157]** Se pueden obtener una serie de imágenes de TAC en espiral realizando una TAC sobre el artículo

líquido. La posición del líquido en el artículo líquido se puede determinar comparando y analizando píxeles en la serie de imágenes de TAC, y también se puede determinar si el líquido está estratificado. Los atributos físicos, tales como la densidad y el número atómico, del líquido de las respectivas posiciones se pueden obtener de una manera similar a como se ha descrito anteriormente. Por ejemplo, cuando se lleva a cabo la obtención de imágenes de TAC en espiral sobre el artículo líquido mostrado en la Figura 25, y el paso de hélice es de 2 cm, entonces se pueden obtener una serie de imágenes de TAC como se muestra en las Figuras 26A-26M. De esta manera, se puede obtener la posición del líquido en el artículo líquido analizando píxeles en las imágenes de TAC en espiral. Aquí, la obtención de imágenes de TAC en espiral puede ser obtención de imágenes de TAC de alto paso de hélice u obtención imágenes de TAC de paso de hélice normal.

10

**[0158]** Como es sabido por los expertos en la materia, la variante de realización anterior es aplicable al caso de la inspección de múltiples artículos como segunda realización y tercera realización.

**[0159]** Además, a pesar de que la descripción anterior toma como ejemplo la densidad y el número atómico, la presente invención también es eficaz cuando se usa únicamente un atributo, bien la densidad o bien el número atómico, o cuando se usan incluso más atributos físicos para identificar artículos peligrosos. En este último caso, se determina si el líquido es peligroso determinando si un atributo físico se encuentra en una región predeterminada. En este último caso, se determina si el líquido es peligroso determinando un punto definido por los atributos físicos que se encuentran en una región predeterminada en un espacio multidimensional definido por estos atributos.

20

**[0160]** Aunque anteriormente se han descrito realizaciones ejemplares de la presente invención, debe ser evidente para los expertos en la materia que cualquier variación y/o modificaciones de los conceptos básicos de la invención aún entran dentro del alcance de la presente invención, como se define en las reivindicaciones adjuntas

25

**REIVINDICACIONES**

1. Un método para la inspección de seguridad de un artículo líquido con TAC de doble fuente, que comprende las etapas de:
- 5 la realización de un escáner DR para obtener una imagen de transmisión vertical del artículo inspeccionado;
- la determinación de al menos una posición de barrido por TAC horizontal en base al menos a una fila de la imagen de transmisión vertical;
- 10 la obtención de los datos de proyección de doble fuente mediante barrido por TAC de doble fuente en forma de barrido por TAC en el plano horizontal sobre el artículo líquido a inspeccionar en la al menos una posición determinada de barrido por TAC horizontal;
- 15 la realización de la reconstrucción por TAC sobre los datos de proyección para obtener una imagen de TAC que indique una pluralidad de atributos físicos del artículo líquido inspeccionado;
- la extracción de la pluralidad de atributos físicos del artículo líquido inspeccionado en base a la imagen de TAC; y
- 20 la determinación de si el artículo líquido inspeccionado es peligroso según si un punto en un espacio multidimensional definido por la pluralidad de atributos físicos está contenido en una región predeterminada dentro del espacio multidimensional.
2. El método de la reivindicación 1, en el que la pluralidad de atributos físicos incluyen la densidad y el
- 25 número atómico del artículo líquido.
3. El método de la reivindicación 1, en el que al menos una fila de la imagen de transmisión vertical está definida por:
- 30 la detección de capas de líquido en la imagen de transmisión vertical al comparar los píxeles de la imagen de transmisión vertical en las direcciones verticales; y
- la especificación de las filas centrales de las respectivas capas como las filas para las que se debe realizar el barrido por TAC de doble fuente.
- 35 4. El método de la reivindicación 1, en el que la etapa de realización de la reconstrucción por TAC sobre los datos de proyección para obtener una imagen de TAC que indica una pluralidad de atributos físicos del artículo líquido inspeccionado comprende las etapas de:
- 40 la generación de los datos de proyección de dos coeficientes de material básico en base a los datos de proyección de alta energía y de baja energía;
- la realización de la reconstrucción sobre los datos de proyección de los dos coeficientes de material básico para obtener una imagen de TAC que indica los dos coeficientes de material básico correspondientes al artículo líquido
- 45 inspeccionado; y
- la generación de una imagen de TAC que indica una pluralidad de atributos físicos del artículo líquido inspeccionado en base a la imagen de TAC que indica los coeficientes de material básico.
- 50 5. El método de la reivindicación 1, en el que la etapa de extracción de los atributos físicos del artículo líquido inspeccionado en base a la imagen de TAC comprende las etapas de:
- la extracción de los píxeles correspondientes al artículo líquido a partir de la imagen de TAC;
- 55 el cálculo de la densidad media y el número atómico de los píxeles correspondientes al artículo líquido como densidad y número atómico del artículo líquido inspeccionado.
6. El método de la reivindicación 1, en el que la etapa que consiste en determinar si el artículo líquido inspeccionado es peligroso de acuerdo con los atributos físicos comprende las etapas de:

la determinación de si un punto definido por la densidad y el número atómico se encuentra en una región predeterminada en un espacio bidimensional de densidad-número atómico;

5 la determinación de que el artículo líquido inspeccionado es peligroso si el punto se encuentra en la región predeterminada.

7. El método de la reivindicación 1, en el que se disponen varios artículos líquidos en un tambor que está dividido en múltiples sub-espacios, en el que el método además comprende las etapas de:

10

la detección automática de la presencia del tambor con un patrón predefinido;

la determinación de una marca determinada en la imagen de TAC en el caso de la presencia del tambor; y

15 la rotación del tambor hasta una posición predefinida en base a la marca determinada.

8. Un dispositivo para la inspección de seguridad de un artículo líquido con TAC de doble fuente, que comprende:

20 una fuente de radiación para emitir haces de radiación;

un medio de detección y recolección para detectar y recoger los haces de radiación que se transmiten a través de al menos un artículo líquido a inspeccionar;

25 un controlador para controlar la fuente de radiación y el medio de detección y recolección para realizar un barrido por DR para obtener una imagen de transmisión vertical del artículo inspeccionado y realizar un barrido por TAC de doble fuente en forma de barrido por TAC en el plano horizontal sobre el artículo líquido inspeccionado en la al menos una posición de barrido por TAC horizontal para así obtener los datos de proyección, en el que la al menos una posición de barrido por TAC horizontal se determina en base a al menos una fila de la imagen de transmisión

30 vertical;

medios para realizar la reconstrucción de los datos de proyección para obtener una imagen de TAC que indica una pluralidad de atributos físicos del artículo líquido inspeccionado; y

35 medios para determinar si el artículo líquido inspeccionado es peligroso según si un punto en un espacio multidimensional definido por la pluralidad de atributos físicos está contenido en una región predeterminada dentro del espacio multidimensional.

9. El dispositivo de la reivindicación 8, en el que el medio de detección y recolección detecta y recoge los haces de radiación que se transmiten a través de al menos un artículo líquido a inspeccionar para así formar una imagen de transmisión vertical;

40

en el que el dispositivo además comprende:

45 medios para detectar capas de líquido en la imagen de transmisión vertical al comparar los píxeles de la imagen de transmisión vertical en las direcciones verticales; y

medios para especificar las filas centrales de las respectivas capas como las filas para las que se debe realizar una energía TAC de doble fuente.

50

10. El dispositivo de la reivindicación 8, en el que la pluralidad de atributos físicos incluye al menos la densidad y el número atómico del artículo líquido inspeccionado.

11. El dispositivo de la reivindicación 9, en el que el medio para determinar si el artículo líquido inspeccionado es peligroso comprende:

55

medios para determinar si un punto definido por la densidad y el número atómico se encuentra en una región predeterminada en un espacio bidimensional de densidad-número atómico, en el que se determina que el artículo líquido inspeccionado es peligroso si el punto se encuentra en la región predeterminada.

12. El dispositivo de la reivindicación 9, que además comprende un tambor que está dividido en múltiples sub-espacios para disponer una pluralidad de artículos líquidos, respectivamente.

5

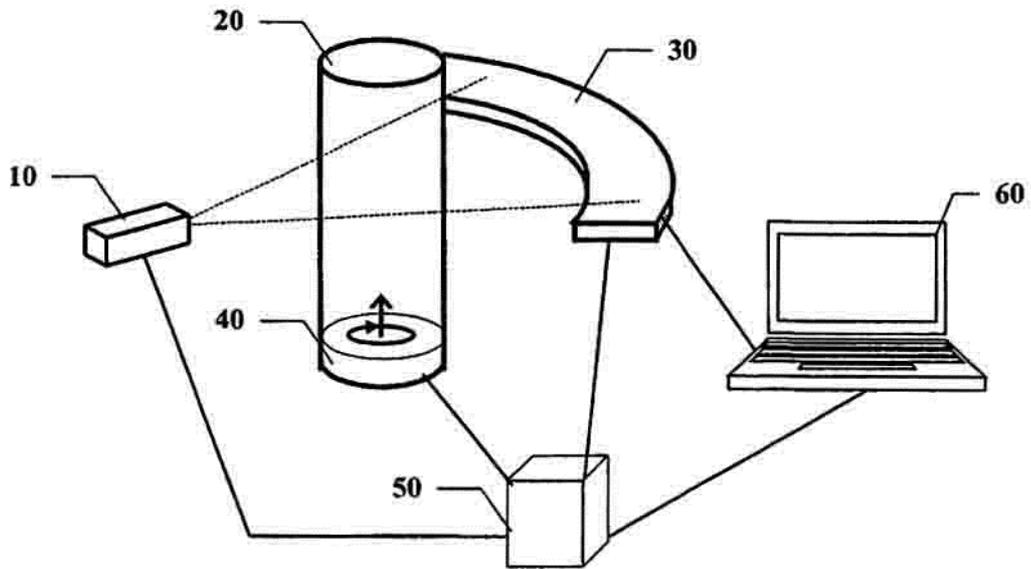


Fig. 1

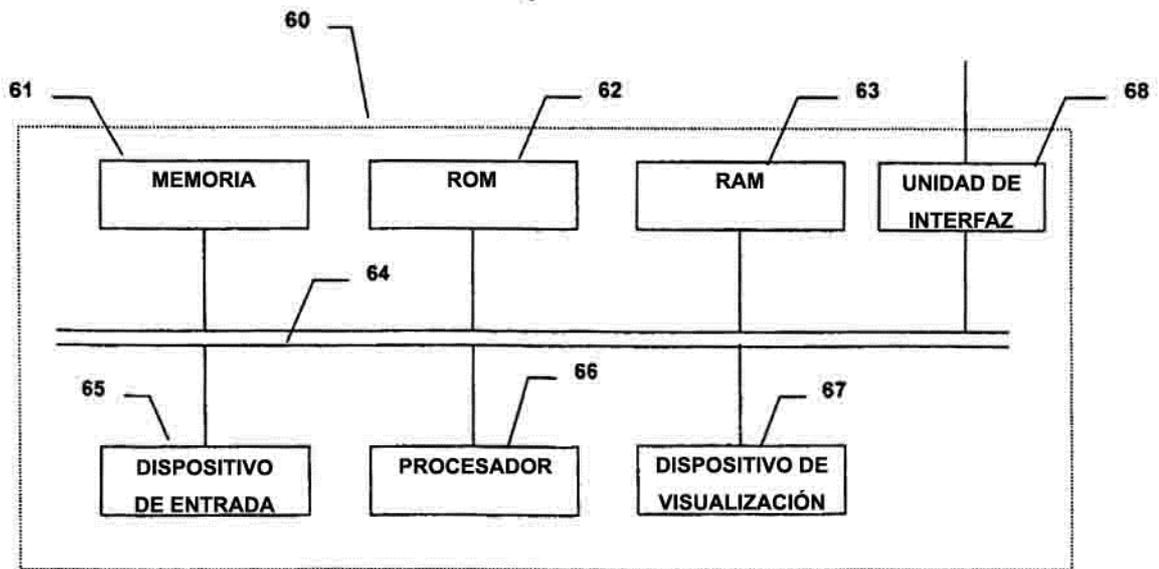


Fig. 2

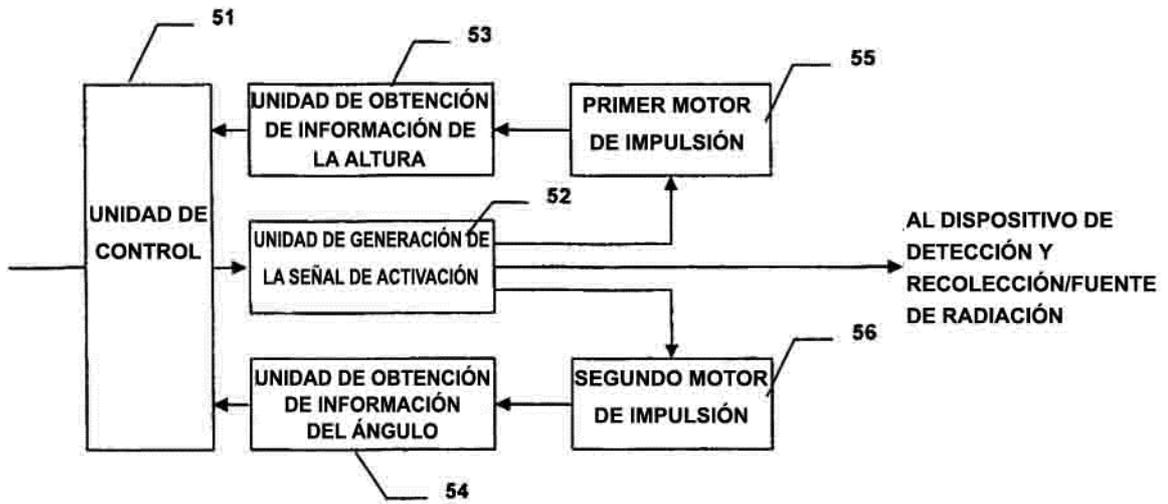


Fig. 3

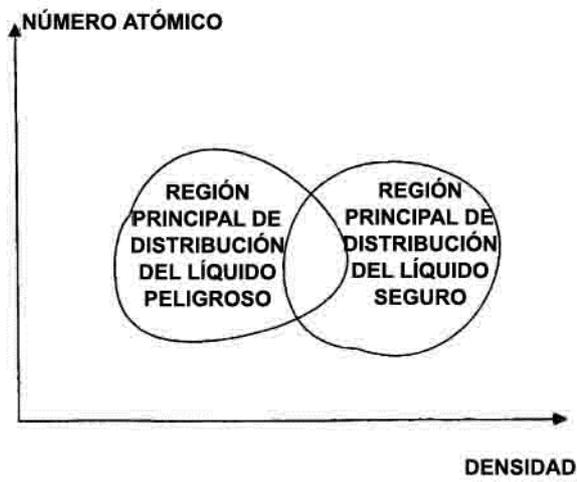


Fig. 4 A

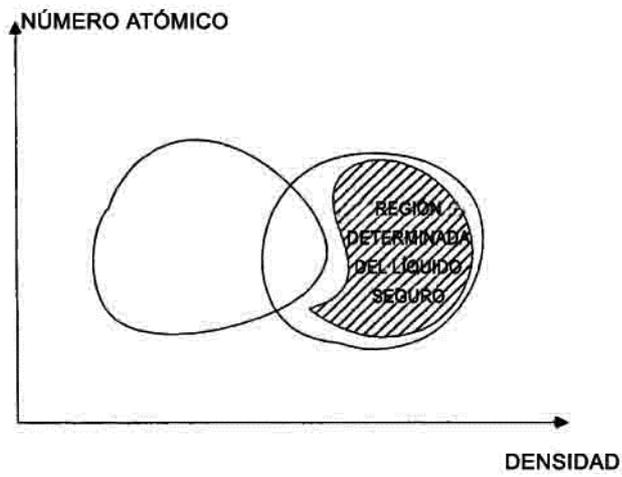


Fig. 4B

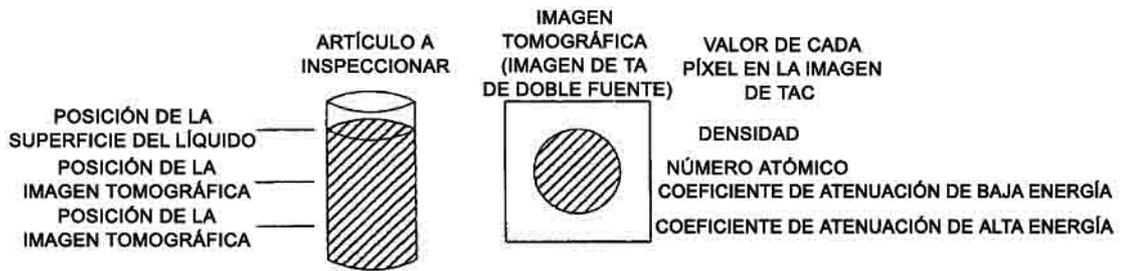
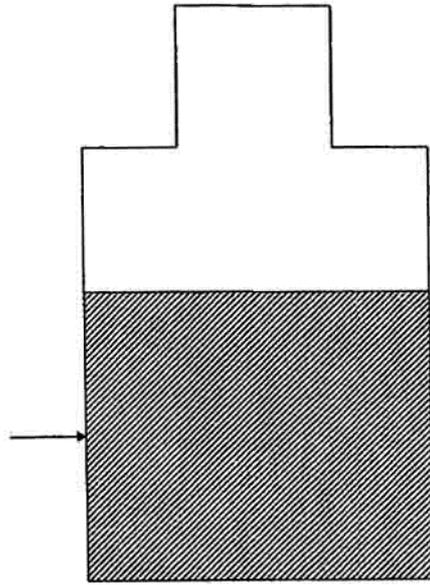
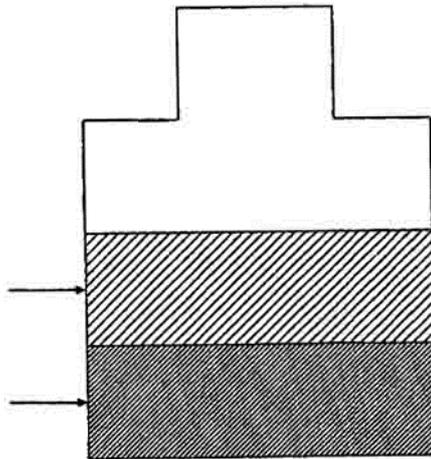


Fig. 5



**Fig. 6**



**Fig. 7**

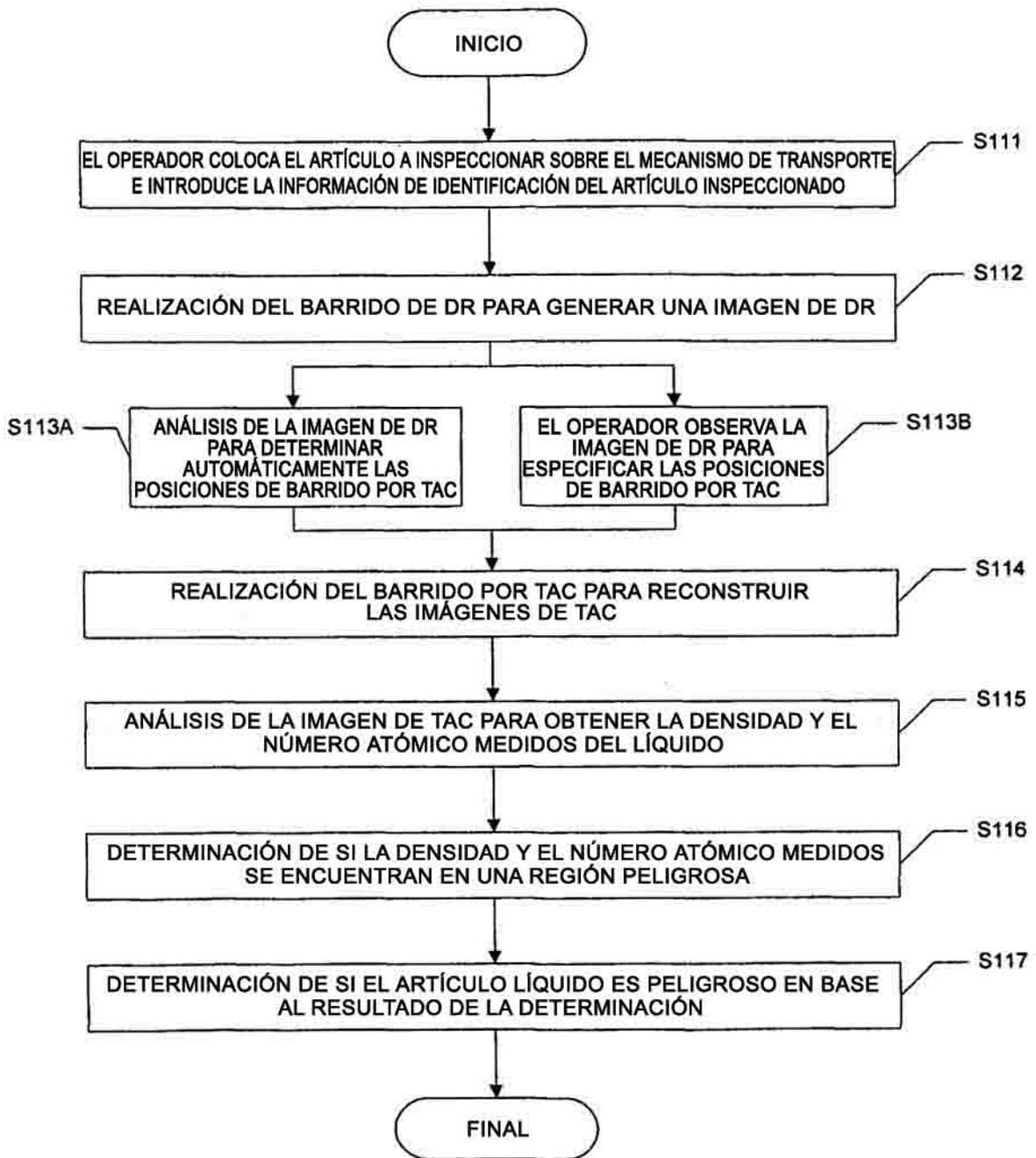


Fig. 8

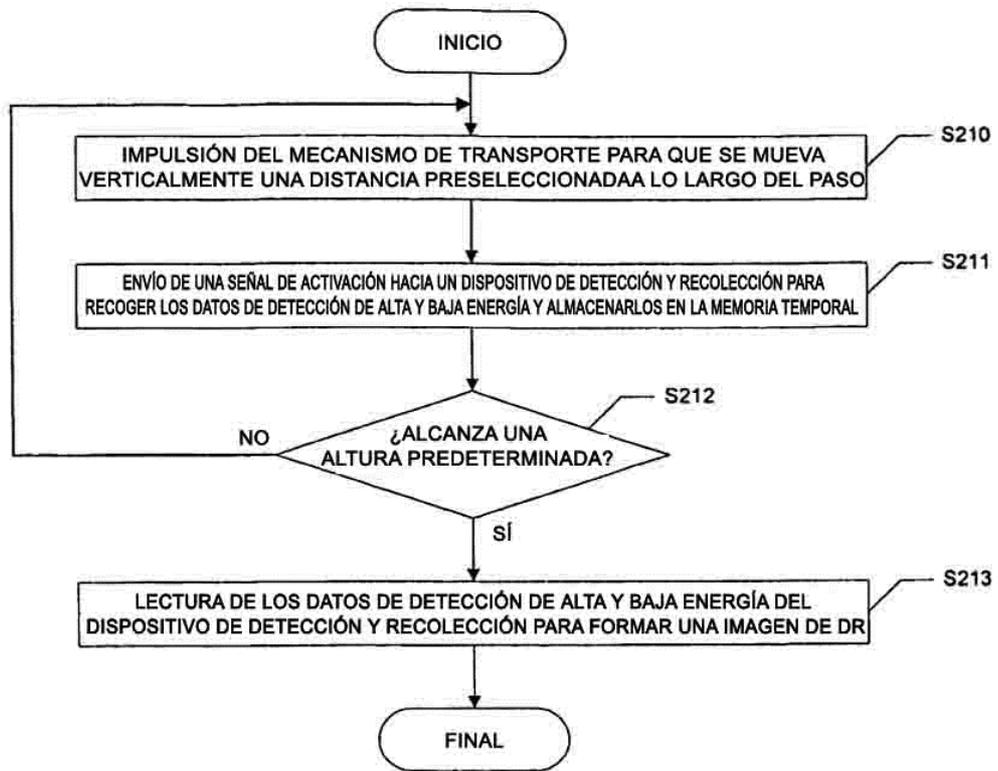


Fig. 9

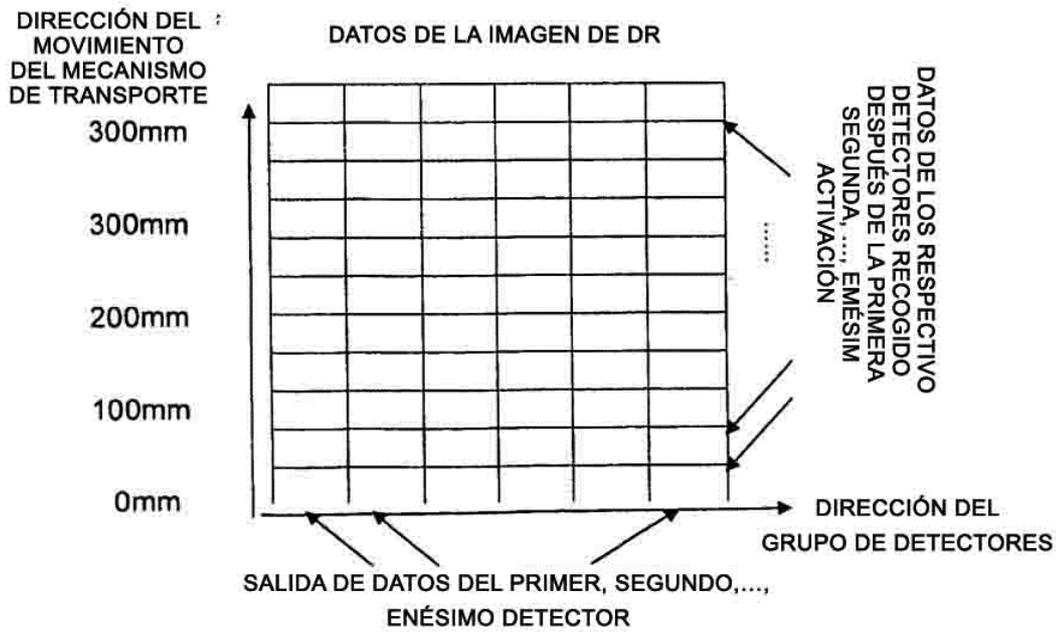


Fig. 10

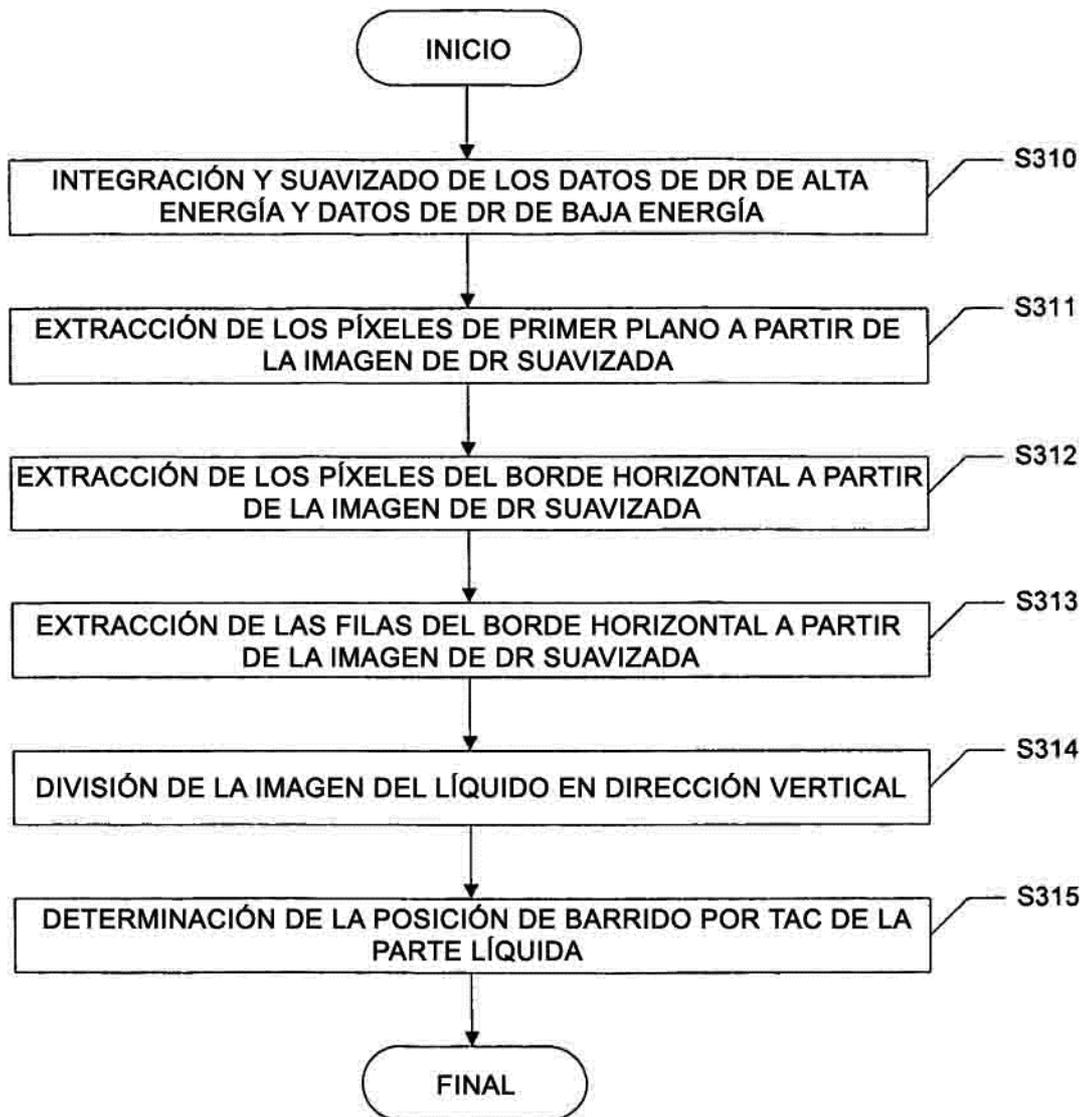


Fig. 11

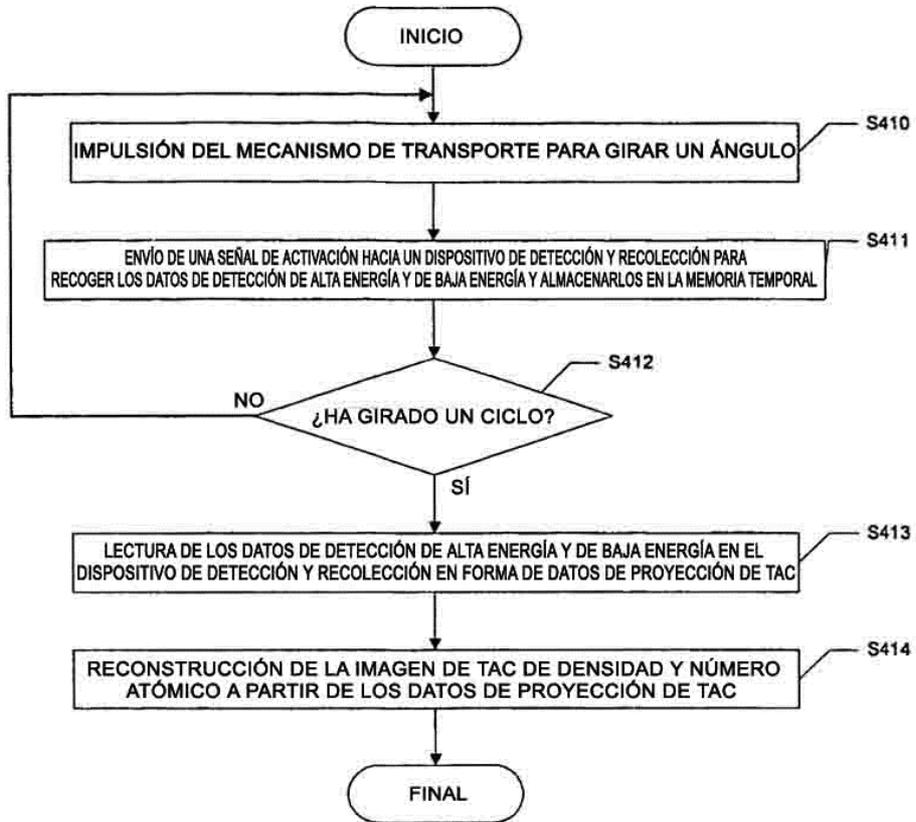


Fig. 12

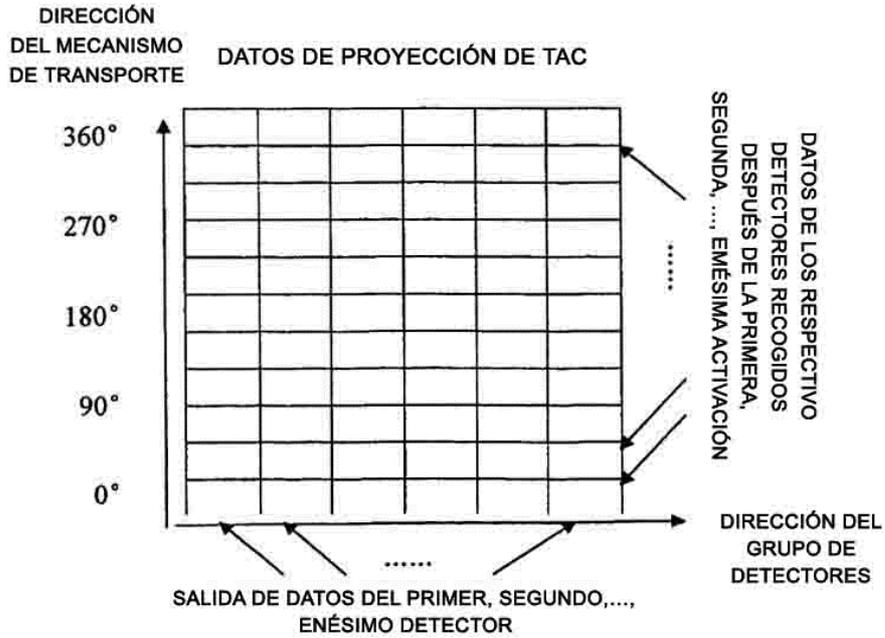


Fig. 13

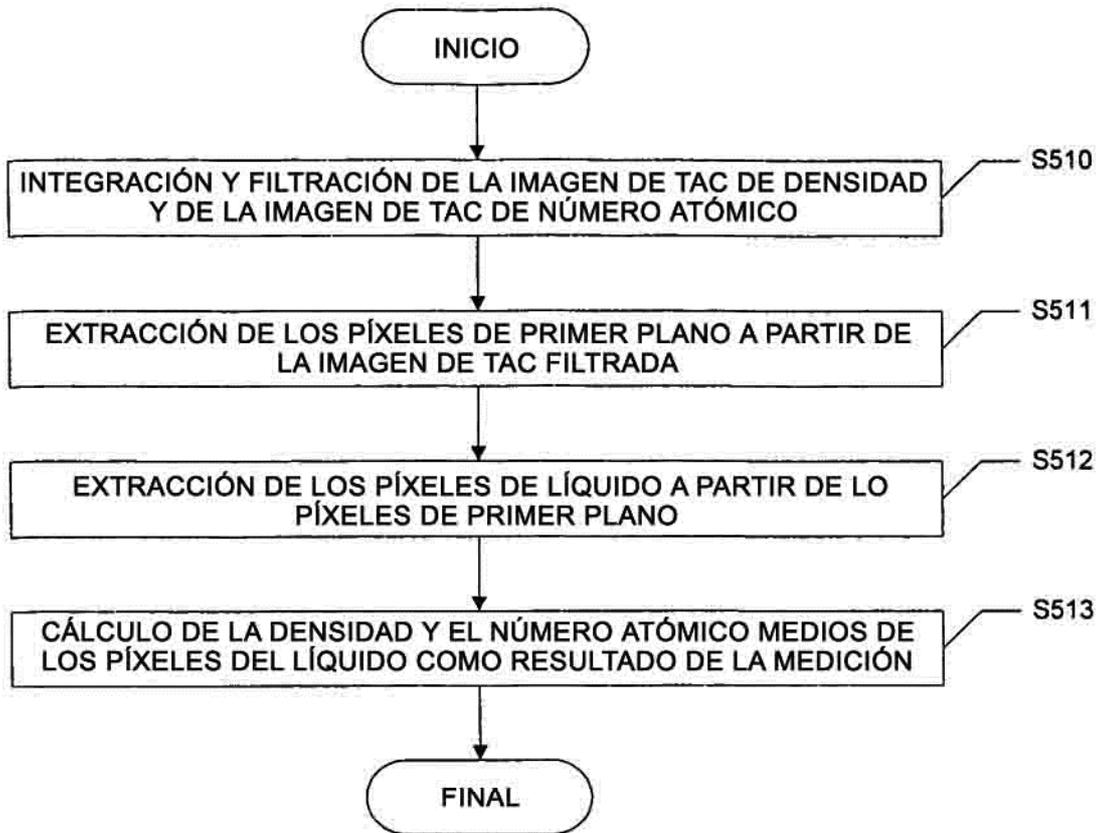


Fig. 14

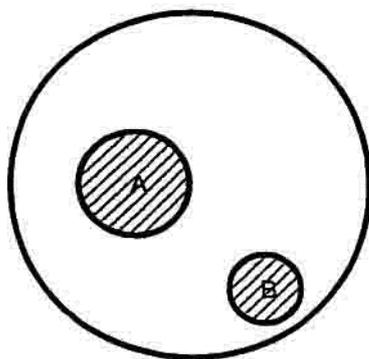


Fig. 15A

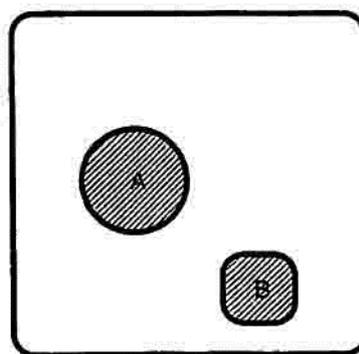


Fig. 15B

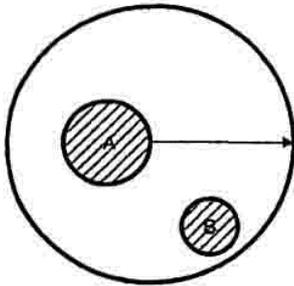


Fig. 16A

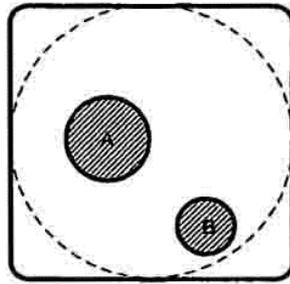


Fig. 16B

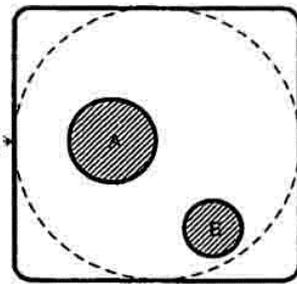


Fig. 16C

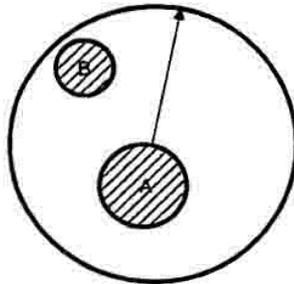


Fig. 16D

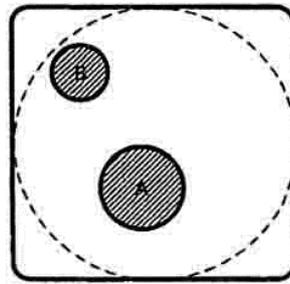


Fig. 16E

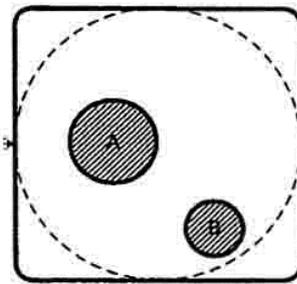


Fig. 16F

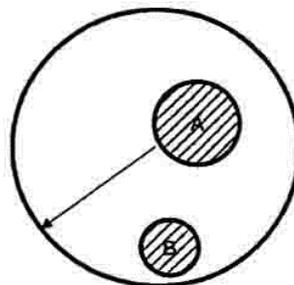


Fig. 16G

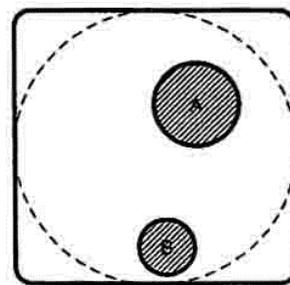


Fig. 16H

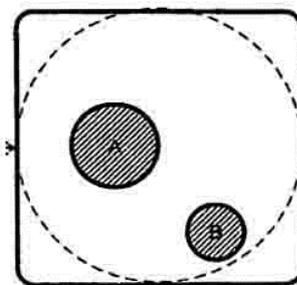


Fig. 16I

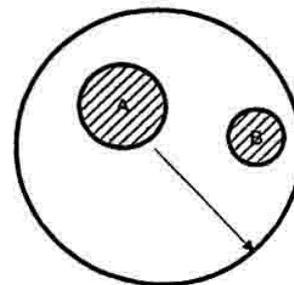


Fig. 16J

———— GIRAR ———>

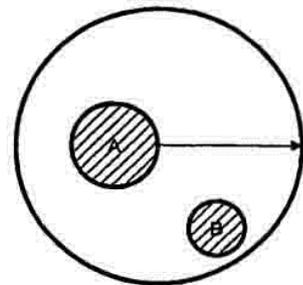


Fig. 16K

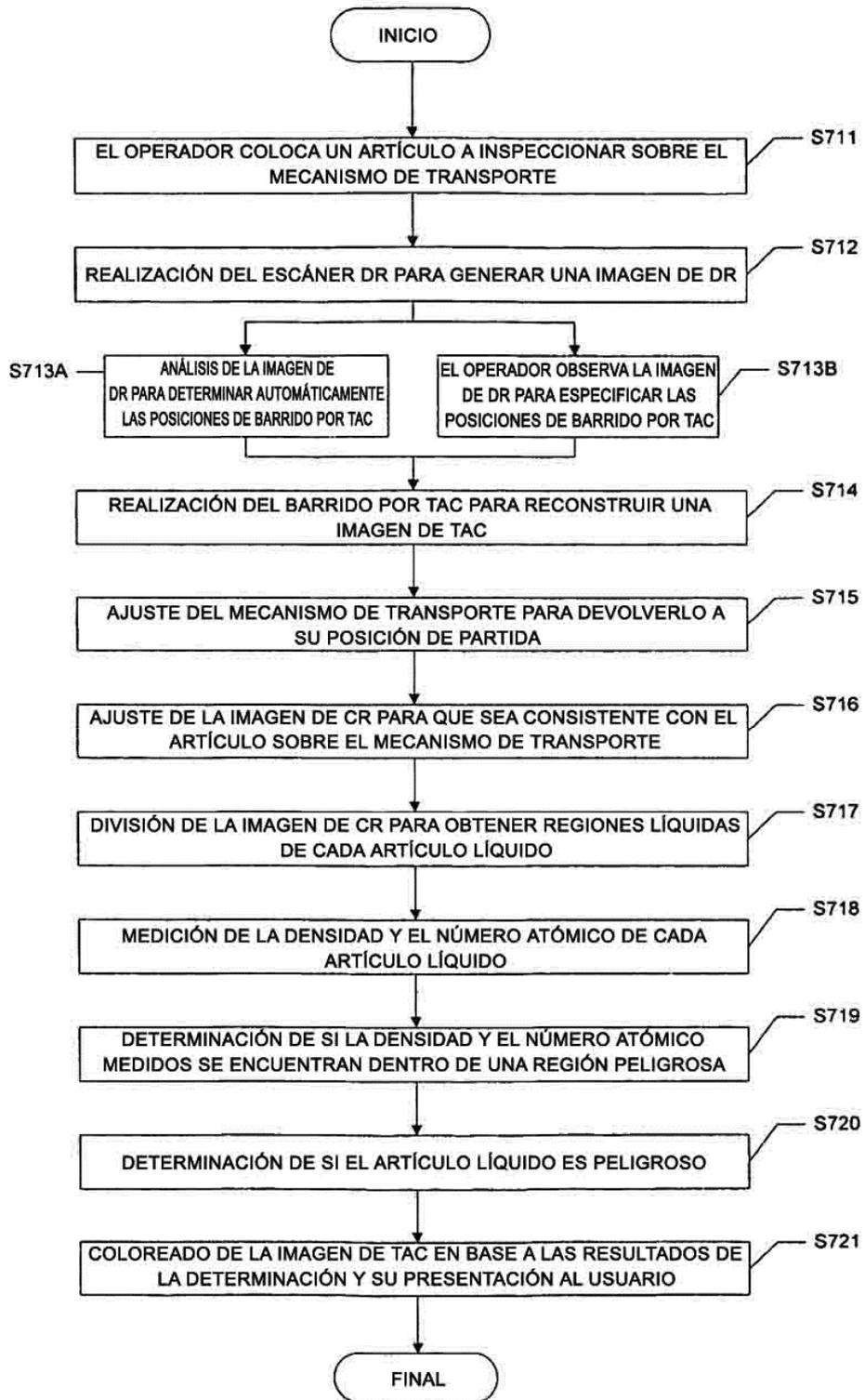


Fig. 17

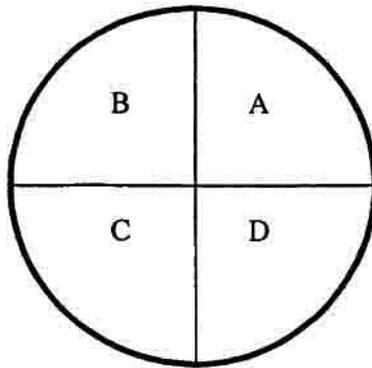


Fig. 18

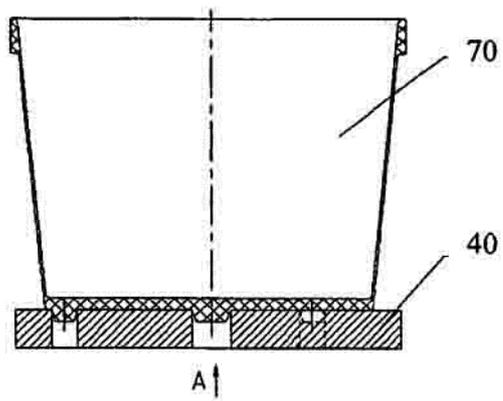


Fig. 19



Fig. 20

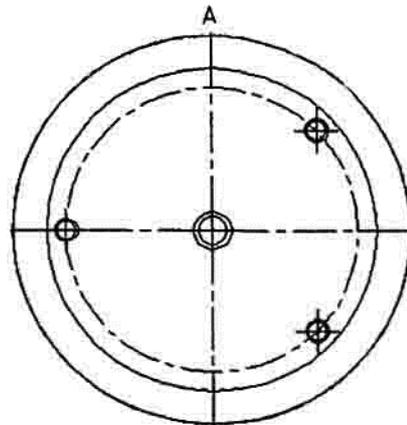


Fig. 21

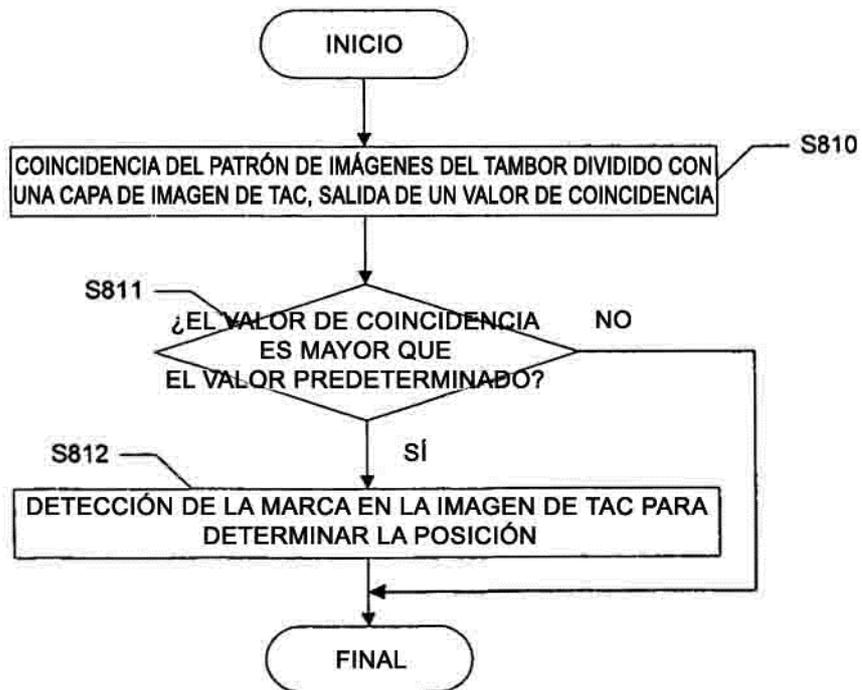
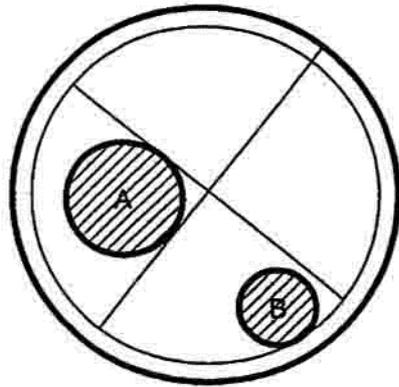
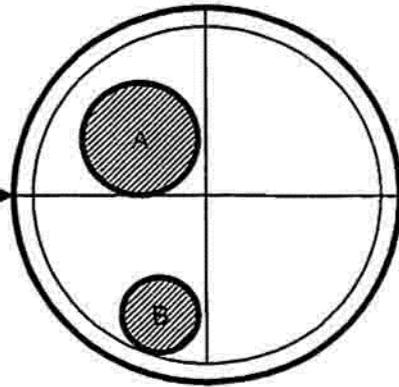


Fig. 22

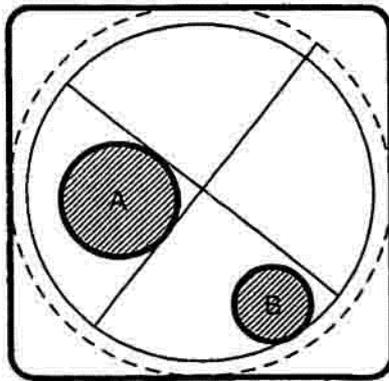


**Fig. 23A**

GIRO →

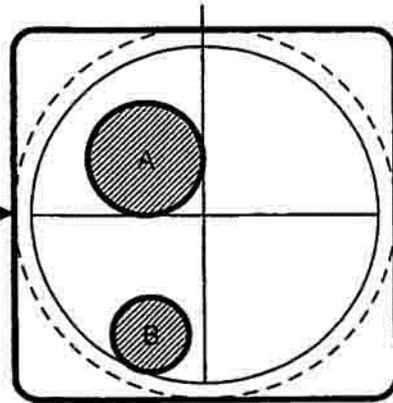


**Fig. 23B**



**Fig. 23C**

GIRO →



**Fig. 23D**

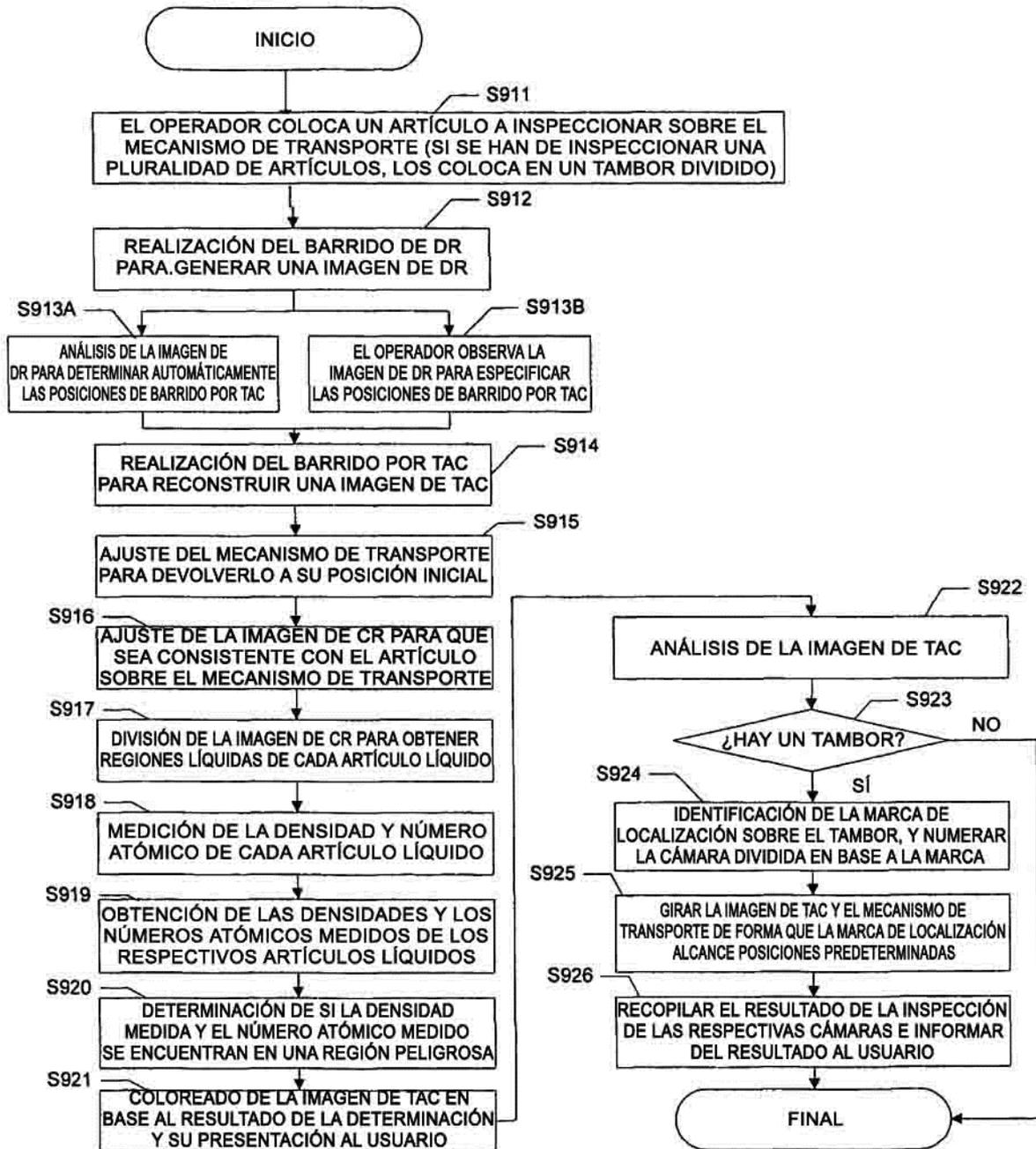


Fig. 24

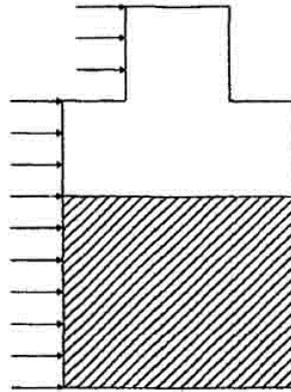


Fig. 25

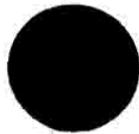


Fig.26A

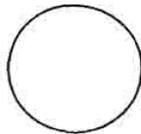


Fig.26B

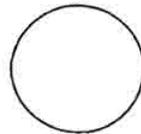


Fig.26C

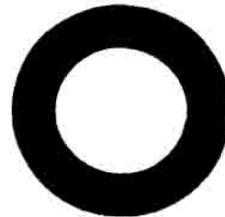


Fig.26D

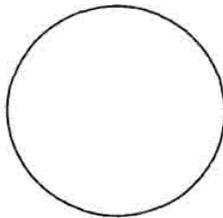


Fig.26E

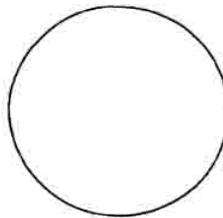


Fig.26F

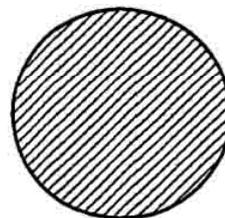


Fig.26G

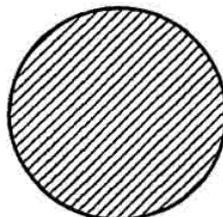


Fig.26H

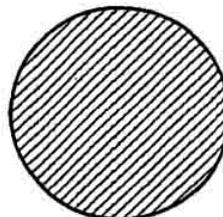


Fig.26I

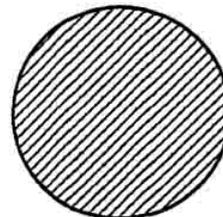


Fig.26J

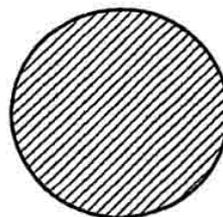


Fig.26K

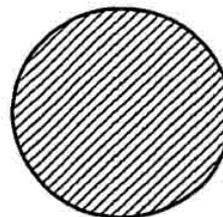


Fig.26L

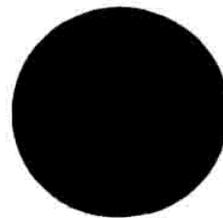


Fig.26M