

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 531 003**

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 08800648 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.12.2014 EP 2196797**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo para detectar un artículo líquido**

30 Prioridad:

05.10.2007 CN 200710180653

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

09.03.2015

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**CHEN, ZHIQIANG;
ZHANG, LI;
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 2 531 003 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

Procedimiento y dispositivo para detectar 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 procedimiento y dispositivo para una rápida inspección de seguridad de artículos líquidos con TC de doble energía.

10

Antecedentes de la invención

[0002] Desde los atentados del 11 de septiembre en los Estados Unidos, la inspección de seguridad en la aviación esta tomando cada vez más importancia. Además de la inspección de seguridad convencional del equipaje, se ha añadido la inspección de seguridad de los artículos líquidos llevados por los pasajeros. Por consiguiente, se necesitan encarecidamente medios y procedimientos para una rápida inspección de seguridad de los artículos líquidos.

15

[0003] En la actualidad hay cuatro tipos de procedimientos usados en la inspección de seguridad de artículos líquidos, que incluyen el procedimiento químico, el procedimiento electromagnético, el procedimiento de detección con neutrones y el procedimiento de detección con radiación, en los que:

20

1) El procedimiento químico puede subdividirse en el procedimiento de identificación de olores, el procedimiento de detección de explosivos mediante exploración con iones y el procedimiento de análisis de sustancias. La identificación de olores en aplicaciones prácticas normalmente falla a la hora de implementar la detección debido al estado sellado y empaquetado de los artículos líquidos. El procedimiento de detección de explosivos mediante exploración con iones es conocido por su alta sensibilidad pero, con una alta tasa de falsas alarmas, se ve afectado por el entorno. El análisis de sustancias tiene una alta precisión y una alta exactitud, pero este procedimiento necesita un determinado periodo de tiempo para analizar la muestra, lo que no satisface los requisitos de una rápida detección in situ.

25

30

2) El procedimiento electromagnético funciona como una medición activa. Distingue artículos líquidos entre sí según sus constantes dieléctricas en un campo electromagnético. El procedimiento electromagnético se ve afectado fácil y severamente por embalajes metálicos u otros embalajes de grueso material. Como resultado, el uso del procedimiento electromagnético es limitado en caso de materiales de embalaje complejos.

35

3) El uso del procedimiento de detección con neutrones deja una radiación residual en el líquido detectado debido al efecto de la "activación de neutrones". Además, la protección contra las radiaciones es complicada debido la fuerte penetrabilidad de los neutrones y el aparato debe ocupar una gran superficie, de modo que el procedimiento no es adecuado para aplicarse en los sistemas de inspección de seguridad de la aviación civil.

40

4) En la actualidad, la mayoría de aparatos de inspección de seguridad para la aviación civil son aparatos de radiación. En estos aparatos se adopta generalmente la tecnología de formación de imágenes bidimensionales con rayos X y la tecnología TC tridimensional. Estas tecnologías, que pueden obtener información estructural de los artículos, fallan a la hora de determinar si hay drogas ocultas en los artículos líquidos. El motivo es que la estructura global (por ejemplo, el número de capas) de los artículos líquidos no cambia sustancialmente cuando se ocultan drogas en los mismos, sino que solo cambian los componentes.

45

[0004] En resumen, para la detección rápida de los artículos líquidos, el procedimiento químico, el procedimiento electromagnético y el procedimiento de detección con neutrones no son adecuados. Usando la tecnología de formación de imágenes bidimensionales con rayos X y la tecnología TC tridimensional, se obtienen imágenes que incluyen la información estructural del artículo, pero estas imágenes no son una prueba suficiente de que haya drogas ocultas en los artículos líquidos.

50

[0005] El documento de Gao et al.: "*Application of X-ray CT 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, Países Bajos, vol. 579, n.º 1, 8 de agosto de 2007 (08/08/2007), páginas 395 a 399, XP022190162, ISSN: 0168-9002, DOI: DOI:10.1016/J.NIMA.2007.04.084, se centra en la corrección del defecto provocado por el

55

endurecimiento del haz, lo que no implica llevar a cabo una formación de imágenes RD ni después llevar a cabo una exploración TC de doble energía en función del resultado de la formación de imágenes RD para determinar el número atómico o la densidad del líquido contenido en el artículo inspeccionado.

5 **[0006]** El documento de Heismann B J et al.: "*Quantitative CT characterization of body fluids with spectral pZ projection method*", NUCLEAR SCIENCE SYMPOSIUM CONFERENCE RECORD, 2006. IEEE, Piscataway, NJ, EE.UU., Piscataway, NJ, EE.UU., 29 de octubre de 2006 (29/10/2006), páginas 2079 y 2080, XP031534977, ISBN: 978-1-4244-0560-2, describe un estudio clínico sobre la caracterización de fluidos corporales con el algoritmo de proyección pZ espectral, pero no está relacionado con una inspección de seguridad.

10 **[0007]** El documento US 2006/239402 A1 describe un procedimiento TC y un aparato para la detección de seguridad de líquidos con una fuente de radiación relacionados con el campo de la tecnología de detección mediante formación de imágenes por radiación. El aparato comprende una fuente de radiación, un detector, un captador de datos y un procesador de datos informático. Las etapas principales son: 1) un artículo líquido a detectar se coloca en una plataforma giratoria que puede rotar; 2) el rayo emitido desde la fuente de radiación atraviesa el artículo líquido y es recibido y transformado en datos de proyección mediante el detector y el captador de datos; y 3) los datos de proyección son transmitidos al procesador de datos informático, que los procesa para obtener la densidad de líquido del artículo detectado, compara el resultado con las densidades de artículos peligrosos en una base de datos actualizada y después presenta visualmente la información detectada del artículo líquido detectado.

20 **[0008]** El documento US 7.116.751 B2 implica llevar a cabo una exploración TC normal en un artículo para determinar si el artículo contiene una sustancia peligrosa o no. Si el artículo contiene una sustancia peligrosa, entonces se determina si parte del artículo está protegido o si el sistema no puede identificar qué es la sustancia peligrosa. Si parte del artículo está protegido, se lleva a cabo una inspección TC de alta energía o una inspección TC de alta resolución para suprimir el efecto provocado por la protección. Por lo tanto, la referencia 3 desvela cómo eliminar el efecto causado por la protección del artículo inspeccionado para inspeccionar el artículo de manera precisa.

30 **[0009]** El documento US 2004/101097 A1 se refiere a un dispositivo de inspección de seguridad. El equipaje se transporta sobre una cinta hacia un área de inspección. En primer lugar se realiza una exploración RD desde una vista de lado superior cuando el equipaje está desplazándose. En segundo lugar se realiza otra exploración RD desde una vista de lado lateral. En tercer lugar se realiza una exploración de energía simple en un plano vertical.

Resumen de la invención

35 **[0010]** Con el fin de superar las desventajas de las tecnologías existentes, un objeto de la invención es proporcionar un procedimiento y un dispositivo para la inspección de seguridad de un artículo líquido usando radiación, que puedan llevar a cabo una rápida detección y obtener información cuantitativa del artículo líquido que va a inspeccionarse, sin destruir el embalaje externo.

40 **[0011]** Este objeto se consigue mediante un procedimiento según la reivindicación 1 y mediante un dispositivo según la reivindicación 9.

45 **[0012]** Según una realización de la invención, los atributos físicos incluyen la densidad y el número atómico del artículo líquido.

[0013] Según una realización de la invención, la exploración TC de doble energía funciona como una exploración TC en un plano.

50 **[0014]** Según una realización de la invención, un conjunto de posiciones de exploración se predefinen antes de la exploración TC en un plano.

[0015] Según la invención, una exploración RD se lleva a cabo para obtener una imagen de transmisión del artículo inspeccionado y la posición de exploración TC se determina en función de la imagen de transmisión, antes de la exploración TC en un plano.

55 **[0016]** Según una realización de la invención, después de que se haya obtenido la imagen de transmisión, el operario especifica al menos una fila de la imagen de transmisión a través de un dispositivo de entrada como la posición de exploración TC.

[0017] Según una realización de la invención, después de que haya obtenido la imagen de transmisión, al menos una fila de la imagen de transmisión se especifica automáticamente mediante la técnica de procesamiento de imágenes como la posición de exploración TC.

5

[0018] Según una realización de la invención, la etapa de obtener la imagen de transmisión comprende emitir haces de radiación de alta energía y haces de radiación de baja energía que se transmiten hacia el artículo inspeccionado para formar una imagen de transmisión de alta energía y una imagen de transmisión de baja energía, e integrar la imagen de transmisión de alta energía y la imagen de transmisión de baja energía para formar la imagen de transmisión.

10

[0019] Según una realización de la invención, la etapa de formar la imagen de transmisión comprende emitir haces de radiación de alta energía y haces de radiación de baja energía que se transmiten hacia el artículo inspeccionado para formar una imagen de transmisión de alta energía y una imagen de transmisión de baja energía, y seleccionar la imagen de transmisión de alta energía o la imagen de transmisión de baja energía como la imagen de transmisión.

15

[0020] Según una realización de la invención, la etapa de llevar a cabo una reconstrucción por TC en los datos de proyección para obtener una imagen TC que indique atributos físicos del artículo líquido inspeccionado comprende las etapas de: generar datos de proyección de dos coeficientes de material de base en función de los datos de proyección de alta energía y de baja energía; reconstruir los datos de proyección de los dos coeficientes de material de base para obtener una imagen TC que indica los dos coeficientes de material de base correspondientes al artículo líquido inspeccionado; y generar una imagen TC que indica atributos físicos del artículo líquido inspeccionado en función de la imagen TC que indica los coeficientes de material de base.

20

25

[0021] Según una realización de la invención, la etapa de extraer los atributos físicos del artículo líquido inspeccionado en función de la imagen TC comprende las etapas de: extraer de la imagen TC píxeles correspondientes al artículo líquido; calcular la densidad media y el número atómico de los píxeles correspondientes al artículo líquido como la densidad y el número atómico del artículo líquido inspeccionado.

30

[0022] Según una realización de la invención, la etapa de determinar si el artículo líquido inspeccionado es sospechoso según los atributos físicos y los atributos físicos de referencia del artículo líquido inspeccionado comprende las etapas de: calcular la diferencia entre la densidad y el número atómico y la densidad y el número atómico de referencia; y determinar que hay drogas ocultas en el artículo líquido inspeccionado si la diferencia es mayor que un umbral predeterminado.

35

[0023] Según una realización de la invención, después de la exploración TC de doble energía en cada una de las posiciones, las imágenes TC del artículo líquido inspeccionado se giran para alinearse con la imagen formada después de la primera exploración TC de doble energía.

40

[0024] Según una realización de la invención, después de la exploración TC de doble energía en cada una de las posiciones, el artículo líquido inspeccionado se gira hacia la posición previa a la exploración.

[0025] Según una realización de la invención, varios artículos líquidos están dispuestos en un tambor que está dividido en múltiples subespacios.

45

[0026] Según una realización de la invención, el procedimiento comprende además las etapas de: detectar automáticamente la presencia del tambor con un patrón predefinido; determinar una cierta marca en la imagen TC en caso de que el tambor esté presente; y girar el tambor hasta una posición predefinida en función de la cierta marca.

50

[0027] Según una realización de la invención, el procedimiento comprende además la etapa de mostrar el resultado de determinación del artículo líquido inspeccionado en una pantalla de visualización.

[0028] Según una realización de la invención, el procedimiento comprende además la etapa de imprimir el resultado de determinación de artículos líquidos respectivos.

55

[0029] Según una realización de la invención, el procedimiento comprende además la etapa de colorear las imágenes TC de artículos líquidos respectivos.

[0030] En otro aspecto de la invención, la invención proporciona un dispositivo para la inspección de seguridad de un artículo líquido con TC de doble energía, que comprende: una fuente de radiación para emitir haces de radiación; medios de detección y captación para detectar y captar haces de radiación que se transmiten hacia al menos un artículo líquido que va a inspeccionarse; un controlador para controlar la fuente de radiación y los medios de detección y captación para llevar a cabo una exploración TC de doble energía en el artículo líquido inspeccionado para obtener datos de proyección; medios para reconstruir los datos de proyección para obtener una imagen TC que indica al menos un atributo físico del artículo líquido inspeccionado; y medios para determinar si el artículo líquido inspeccionado es sospechoso en función del atributo físico y los atributos físicos de referencia del artículo líquido inspeccionado.

[0031] Según una realización de la invención, la exploración TC de doble energía se lleva a cabo en una posición predeterminada.

15 **[0032]** Según una realización de la invención, los medios de detección y captación detectan y captan haces de radiación transmitidos hacia el al menos un artículo líquido que va a inspeccionarse con el fin de formar una imagen de transmisión; donde el dispositivo comprende además medios para especificar al menos una fila de la imagen de transmisión; y la exploración TC de doble energía se lleva a cabo en la fila especificada.

20 **[0033]** Según una realización de la invención, los atributos físicos incluyen al menos la densidad y el número atómico del artículo líquido inspeccionado.

[0034] Según 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 hacia el artículo inspeccionado para formar una imagen de transmisión de alta energía y una imagen de transmisión de baja energía; y el dispositivo comprende además medios para integrar la imagen de transmisión de alta energía y la imagen de transmisión de baja energía para formar la imagen de transmisión.

25 **[0035]** Según 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 hacia el artículo inspeccionado para formar una imagen de transmisión de alta energía y una imagen de transmisión de baja energía; y el dispositivo comprende además medios para seleccionar la imagen de transmisión de alta energía o la imagen de transmisión de baja energía como la imagen de transmisión.

30 **[0036]** Según una realización de la invención, los medios para especificar al menos una fila de la imagen de transmisión comprenden medios para que el operario seleccione al menos una fila de la imagen de transmisión a través de un dispositivo de entrada.

[0037] Según una realización de la invención, los medios para especificar al menos una fila de la imagen de transmisión comprenden medios para detectar capas de líquido en la imagen de transmisión analizando píxeles de la imagen de transmisión; y medios para especificar filas centrales de capas respectivas como las filas en las que va a llevarse cabo una exploración TC de doble energía.

35 **[0038]** Según una realización de la invención, los medios para reconstruir los datos de proyección para obtener una imagen TC que indica atributos físicos del artículo líquido inspeccionado comprenden medios para integrar una imagen de densidad identificada mediante la densidad del artículo líquido inspeccionado y una imagen de número atómico identificada mediante el número atómico del artículo líquido inspeccionado para formar una imagen TC; y medios para extraer de la imagen TC píxeles correspondientes al artículo líquido; y medios para calcular la densidad media y el número atómico de los píxeles correspondientes al artículo líquido como la densidad y el número atómico del artículo líquido inspeccionado.

40 **[0039]** Según una realización de la invención, los medios para determinar si el artículo líquido inspeccionado es sospechoso según los atributos físicos y los atributos físicos de referencia del artículo líquido inspeccionado comprenden medios para calcular la diferencia entre la densidad y el número atómico y la densidad y el número atómico de referencia; y medios para determinar que hay drogas ocultas en el artículo líquido inspeccionado si la diferencia es mayor que un umbral predeterminado.

45 **[0040]** Según una realización de la invención, el dispositivo comprende además medios para, después de la exploración TC de doble energía en cada una de las filas, rotar las imágenes TC del artículo líquido inspeccionado

para que se alineen con la imagen formada tras la primera exploración TC de doble energía.

5 [0041] Según una realización de la invención, el dispositivo comprende además medios para, después de la exploración TC de doble energía en cada una de las filas, rotar el artículo líquido inspeccionado hasta la posición previa a la exploración.

[0042] Según una realización de la invención, el dispositivo comprende además un tambor que está dividido en múltiples subespacios para colocar una pluralidad de artículos líquidos, respectivamente.

10 [0043] Según una realización de la invención, el dispositivo comprende además medios para detectar automáticamente la presencia del tambor con un patrón predefinido; medios para determinar una cierta marca en la imagen TC en caso de que el tambor esté presente; y medios para rotar el tambor hasta una posición predefinida en función de la cierta marca.

15 [0044] Según una realización de la invención, el dispositivo comprende además medios de visualización para mostrar el resultado de determinación del artículo líquido inspeccionado.

[0045] Según una realización de la invención, el dispositivo comprende además medios para imprimir el resultado de determinación de artículos líquidos respectivos.

20 [0046] Según una realización de la invención, el dispositivo comprende además medios para colorear las imágenes TC de artículos líquidos respectivos.

25 [0047] Según una realización de la invención, el dispositivo comprende además un mecanismo portador para depositar los artículos líquidos que van a inspeccionarse, donde la superficie del mecanismo portador sobre la que se depositan los artículos líquidos inspeccionados está dividida en una pluralidad de regiones que el operario puede identificar.

30 [0048] Según una realización de la invención, los atributos físicos incluyen al menos la densidad y el número atómico del artículo líquido inspeccionado.

[0049] Con el procedimiento y dispositivo según la invención, la imagen de transmisión se usa como una guía para la exploración de doble energía y, por tanto, la velocidad de detección puede mejorarse sin degradar la precisión de la detección. Además, puede determinarse si el artículo líquido tiene una capa intermedia a través de la imagen de transmisión.

40 [0050] Además, puede determinarse si hay drogas (por ejemplo, cocaína, etc.) ocultas en artículos líquidos (por ejemplo, alcohol) comparando la densidad y número atómico medidos con la densidad y el número atómico de referencia.

[0051] Además, la operación de inspección resulta más sencilla ya que el operario puede especificar cualquier posición para llevar a cabo la exploración TC de doble energía.

45 [0052] Además, un tambor dividido se usa cuando va a inspeccionarse una pluralidad de artículos, por lo que puede determinarse fácilmente cuál de los artículos líquidos es sospechoso.

Breve descripción de los dibujos

50 [0053] Las características y ventajas de la invención pueden resultar más evidentes a partir de la siguiente descripción detallada con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

la Fig. 1 es un diagrama esquemático de un dispositivo de inspección según una realización de la presente invención;

55 la Fig. 2 muestra un diagrama de bloques del procesador de datos informático 60 del dispositivo de inspección de la Fig. 1;

la Fig. 3 muestra un diagrama de bloques del controlador según una primera realización de la presente invención;

la Fig. 4 muestra una estructura usada para almacenar información de identificación e información de atributos de varios artículos líquidos en una base de datos;

la Fig. 5 es un diagrama que muestra la relación entre una formación de imágenes RD y una formación de imágenes TC;

la Fig. 6 muestra un ejemplo del resultado de la formación de imágenes RD;

la Fig. 7 muestra otro ejemplo del resultado de la formación de imágenes RD;

10

la Fig. 8 muestra un diagrama de flujo esquemático del procedimiento de inspección de artículos líquidos según la primera realización de la invención;

la Fig. 9 muestra un diagrama de flujo del proceso de una formación de imágenes RD;

15

la Fig. 10 muestra una disposición de los datos de imágenes RD captados por el dispositivo de detección y captación durante el proceso de la formación de imágenes RD;

30

la Fig. 11 muestra un diagrama de flujo de un proceso de determinación de una posición de exploración TC mediante el procesamiento de una imagen RD;

20

la Fig. 12 muestra un proceso para la formación de imágenes TC;

la Fig. 13 muestra una disposición de los datos de proyección TC durante el proceso de la formación de imágenes TC;

25

la Fig. 14 muestra un proceso para medir los atributos del líquido;

la Fig. 15 muestra un proceso para ampliar la base de datos;

30

la Fig. 16A y la Fig. 16B muestran diagramas de imágenes TC reconstruidas en el caso en que hay varios artículos líquidos que van a inspeccionarse según una segunda realización de la presente invención;

las Fig. 17A a 17K muestran un proceso de cómo rotar las imágenes de reconstrucción TC y/o el mecanismo portador para que se alineen con la posición previa a la exploración TC;

35

la Fig. 18 muestra un diagrama de flujo para llevar a cabo una operación de inspección en el caso en el que hay varios artículos que van a inspeccionarse;

la Fig. 19 muestra una vista desde arriba del mecanismo portador según una segunda realización de la presente invención;

40

la Fig. 20 muestra una vista lateral de un tambor dividido según una realización de la invención;

la Fig. 21 muestra una vista desde arriba de un tambor dividido;

45

la Fig. 22 muestra una vista desde debajo de un tambor dividido;

la Fig. 23 muestra un proceso de cómo detectar automáticamente el tambor dividido y la marca durante una operación de inspección;

50

las Fig. 24A a 24D muestran un diagrama de un proceso de rotación del tambor durante la operación de inspección;

la Fig. 25 muestra un diagrama de flujo de la operación de inspección según una tercera realización de la invención;

55

la Fig. 26A muestra una curva de cambios de la densidad después de haberse introducido drogas en el líquido;

la Fig. 26B muestra una curva de cambios del número atómico después de haberse introducido drogas en el líquido;

la Fig. 26C muestra una curva de cambios de la densidad característica después de haberse introducido drogas en el líquido;

la Fig. 27 ilustra un diagrama de flujo de la operación de inspección según una cuarta realización de la invención;

la Fig. 28 es un diagrama que explica el proceso de exploración TC en espiral del artículo líquido;

las Fig. 29A a 29M son diagramas que ilustran las imágenes obtenidas llevando a cabo una exploración TC en espiral en el artículo líquido.

Descripción detallada de las realizaciones preferidas

[0054] A continuación se describirán en mayor detalle las realizaciones preferidas de la invención con referencia a los dibujos adjuntos. En los dibujos se usan los mismos números de referencia para denotar componentes idénticos o similares mostrados en las diferentes figuras. Por claridad, se omitirá la descripción detallada de funciones y estructuras conocidas incorporadas en el presente documento para no oscurecer la descripción de la invención.

[PRIMERA REALIZACIÓN]

[0055] La Fig. 1 es un diagrama esquemático de la estructura de un dispositivo de inspección según una realización de la invención.

[0056] Tal y como se muestra en la Fig. 1, el dispositivo de inspección según la invención comprende una fuente de radiación 10 que emite rayos X de doble energía para la inspección, por ejemplo una máquina de rayos X; un mecanismo portador 40 que contiene el artículo líquido 20 que va a inspeccionarse y que puede girar alrededor de su eje Z y que puede ascender o descender para llevar el artículo líquido 20 hacia el área de inspección, por lo que las radiaciones emitidas por la fuente de radiación 10 pueden transmitirse a través del artículo líquido inspeccionado 20; medios de detección y captación 30 que son un módulo integrado formado por un detector y un captador de datos, que se usan para detectar las radiaciones de doble energía transmitidas a través del artículo líquido 20 para adquirir señales analógicas y convertir las señales analógicas en señales digitales y, por tanto, para proporcionar los datos de exploración 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 todo el sistema para que funcionen de manera sincronizada; y un procesador de datos informático 60 para procesar los datos recogidos por el captador de datos y proporcionar resultados de inspección.

[0057] Tal y como se muestra en la Fig. 1, la fuente de radiación 10 está ubicada en un lado del mecanismo portador 40 que contiene el artículo líquido 20 que va a inspeccionarse, mientras que los medios de detección y captación 30 están ubicados en el otro lado del mecanismo portador 40. Los medios de detección y captación 30 comprenden un detector y un captador de datos para adquirir los datos RD y los datos de proyección de múltiples ángulos del artículo líquido 20. El captador de datos tiene un circuito de conformación y amplificación de señales, que funciona en un modo de integración (de corriente) o en un modo (de cómputo) de impulsos. El cable de salida de datos de los medios de detección y captación 30 está conectado al procesador de datos informático 60 para almacenar los datos recogidos en el procesador de datos informático 60 según instrucciones de activación.

[0058] Además, el dispositivo de inspección comprende además un paso de artículos cilíndrico 20 hecho de metales y que presenta aberturas en partes inferiores de la pared lateral para permitir que el artículo líquido pueda ser irradiado con radiaciones y apantallar algunas de las radiaciones que no se irradian hacia los artículos líquidos. El artículo líquido inspeccionado 20 está ubicado en el paso de artículos.

[0059] La Fig. 2 muestra un diagrama de bloques del procesador de datos informático 60 de la Fig. 1. Como se muestra en la Fig. 2, los datos recogidos por el captador de datos se almacenan en la memoria 61 a través de una unidad de interfaz 68 y un bus 64. Los datos y programas de configuración del procesador de datos informático están almacenados en la ROM (memoria de solo lectura) 62. La RAM (memoria de acceso aleatorio) 63 se usa para almacenar temporalmente varios datos durante el procedimiento operativo del procesador 66. Además, programas informáticos para el procesamiento de datos y una base de datos precompilada también están almacenados en la memoria 61, donde la base de datos almacena información relevante de varios artículos líquidos conocidos, tales como nombres, tipos y atributos físicos para su comparación con atributos, tales como la densidad y el número atómico, del artículo líquido inspeccionado calculados por el procesador 66. El bus interno 64 conecta entre sí 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.

[0060] Después de que el usuario introduzca comandos de operación a través del dispositivo de entrada 65, tales como teclados y un ratón, el código de instrucción de los programas informáticos ordenará al procesador 66 llevar a cabo un algoritmo de procesamiento de datos predeterminado. Después de obtenerse los resultados del procesamiento, se mostrarán en el dispositivo de visualización 67, tal como una pantalla LCD, o se redirigirán en forma de copia impresa, tal como una impresión.

10 **[0061]** La Fig. 3 muestra un diagrama de bloques del controlador según una primera realización de la invención. Tal y como se muestra en la Fig. 3, el controlador 50 comprende una unidad de control 51 para controlar la fuente de radiación 10, el mecanismo portador 40 y los medios de detección y captación 30 en función de instrucciones del ordenador 60; una unidad de generación de señales de activación 52 para generar comandos de activación para activar la fuente de radiación 10, los medios de detección y captación 30 y el mecanismo portador 40 para que funcionen bajo el control de la unidad de control 51; un primer motor de accionamiento 55 para accionar el mecanismo portador 40 para que ascienda o descienda según el comando de activación generado por la unidad de generación de señales de activación 52 bajo el control de la unidad de control 51; una unidad de adquisición de información de altura 53 para transferir información de altura del mecanismo portador a la unidad de control 51 a medida que se mueve el mecanismo portador; una unidad de adquisición de información de ángulo 54 para transferir el ángulo de rotación del mecanismo portador 40 a la unidad de control 51 durante el proceso de rotación del mecanismo portador 40.

[0062] Según la realización de la invención, tanto la unidad de adquisición de información de altura 53 como la unidad de adquisición de información de ángulo 54 son discos codificados fotoeléctricos y, por tanto, tienen la ventaja de no sufrir interferencias.

[0063] Como se ha descrito anteriormente, en la base de datos almacenada en la memoria 61, información de identificación y atributos físicos de varios artículos líquidos conocidos están almacenados en una estructura en forma de árbol. La Fig. 4 muestra una estructura usada para almacenar información de identificación e información de atributos de varios artículos líquidos en la base de datos.

[0064] Todas las muestras se dividen en varias subclases, tales como la subclase 1 (alcohol), la subclase 2 (cola), la subclase 3 (leche),..., la subclase n, etc. Cada subclase está subdividida en varias subclases. Por ejemplo, la subclase 1 (alcohol) está subdividida en la subclase 1.1 (vino), la subclase 1.2 (bebidas de alta graduación), la subclase 1.3 (cerveza),..., la subclase 1.n, etc. Cada subclase se subdivide adicionalmente. Por ejemplo, la subclase 1.2 (bebidas de alta graduación) está subdividida en la subclase 1.2.1 (ron), la subclase 1.2.2 (whisky), la subclase 1.2.3 (vodka),..., la subclase 1.2.n (bebidas chinas de alta graduación). Una subclase se subdivide hasta que la diferencia de la densidad y el número atómico entre muestras respectivas en la subclase sea menor que un valor prefijado, por ejemplo el nivel de ruido del sistema. Una subclase de este tipo es un nodo hoja en la estructura de base de datos de atributos.

[0065] Además, cada nodo hoja se identifica con los nombres de todos sus nodos padre, por ejemplo "ron de 40 grados de la Habana, Cuba". La identificación corresponde a la densidad y al número atómico de referencia uno a uno. En el proceso de inspección, el ordenador presenta la estructura de árbol al usuario por niveles, y el operario introducirá la información de identificación por niveles. Por ejemplo, si el operario desea adquirir el atributo físico de una botella de ron de 40 grados de la Habana, Cuba, puede hacer la selección por niveles en la siguiente ruta: alcohol -> bebidas de alta graduación -> ron -> ron de Cuba -> ron de la Habana -> 40 grados.

[0066] El ordenador realiza la búsqueda a medida que el operario introduce la identificación por niveles. Cuando el usuario llega a la última identificación, se obtiene la densidad y el número atómico de referencia correspondientes.

[0067] La Fig. 5 es un diagrama que muestra la relación entre una formación de imágenes RD y una formación de imágenes TC. Según la realización de la invención, en primer lugar se lleva a cabo una formación de imágenes RD en el artículo líquido para determinar la parte líquida del artículo líquido, y después se lleva a cabo una formación de imágenes TC solamente en la parte líquida para mejorar la velocidad de inspección.

[0068] La Fig. 6 y la Fig. 7 muestran ejemplos del resultado de una formación de imágenes RD, respectivamente. Como se muestra en la Fig. 6, después de realizar una formación de imágenes RD en un artículo

líquido, el líquido del artículo líquido puede determinarse mediante el análisis de píxeles, como se describe posteriormente. Como se muestra en la Fig. 6, el artículo líquido solo contiene un tipo de líquido. Sin embargo, como se muestra en la Fig. 7, debido a diferentes coeficientes de atenuación de diferentes tipos de líquido, cuando dos o más tipos de líquido están contenidos en el artículo líquido y forman varias capas, las posiciones de las superficies de separación entre capas pueden determinarse analizando los píxeles de la imagen RD obtenida a través de una formación de imágenes RD. Después, puede llevarse a cabo una formación de imágenes TC para cada capa de líquido.

[0069] La Fig. 8 muestra un diagrama de flujo esquemático del procedimiento de inspección de artículo líquido según la primera realización de la invención. Como se muestra en la Fig. 8, los artículos líquidos que lleva un pasajero deben someterse a una inspección de seguridad, por ejemplo cuando pasa por la aduana. En primer lugar, en la etapa S110, el operario coloca el artículo líquido que va a inspeccionarse en el mecanismo portador 40 y adquiere la información de identificación del artículo líquido, por ejemplo ron de 40 grados, a partir de la declaración en aduana del pasajero o de lo especificado en el artículo líquido.

[0070] A continuación, en la etapa S111, el operario introduce la identificación del líquido en la base de datos para que el sistema adquiera la densidad de referencia y el número atómico de referencia. Después, el operario pulsa un botón de inicio para iniciar una exploración RD para generar una imagen RD, como la mostrada en la Fig. 6 y la Fig. 7.

[0071] Como se ha descrito anteriormente, el objetivo de la exploración RD es adquirir una imagen de transmisión de los artículos líquidos inspeccionados para que el operario pueda discernir la estructura interna de los artículos líquidos inspeccionados para especificar posiciones en la imagen RD en las que debe llevarse a cabo la formación de imágenes TC. El software del sistema también puede usar la imagen RD para identificar automáticamente las posiciones de las capas de líquido y guiar la posterior formación de imágenes TC. El proceso detallado de la formación de imágenes RD se describirá posteriormente.

[0072] La exploración TC puede llevarse a cabo especificando directamente varias posiciones sin la ayuda de la exploración RD para mejorar la velocidad de inspección (sin embargo, esta realización no forma parte de la invención). Por ejemplo, se ha observado que la mayoría de artículos líquidos tienen al menos 5 cm de líquido en altura; por tanto, los 5 cm desde el fondo pueden usarse como una posición de exploración preespecificada. Además, el operario puede detectar visualmente el tamaño del artículo inspeccionado y especificar una altura adecuada basándose en su experiencia. Por ejemplo, la altura de exploración de una lata de Coca-Cola puede fijarse como 3 cm, mientras que la altura de exploración de una botella de vino con un fondo grueso puede fijarse como 10 cm.

[0073] Tras haberse obtenido la imagen RD, las posiciones de exploración TC pueden determinarse o bien mediante el análisis automático de la imagen RD (etapa S113A) o por el operario usando el dispositivo de entrada 65, tal como un ratón, (etapa S113B), o mediante una mezcla de ambos procedimientos. De esta manera, la exploración TC solo se lleva a cabo en determinadas posiciones en los artículos líquidos, de modo que se acelera la inspección sin degradarse la calidad de la inspección.

[0074] Después, el proceso de exploración TC se lleva a cabo en la etapa S114 en las posiciones determinadas en los artículos líquidos para obtener datos de proyección TC y las imágenes TC se reconstruyen en función de los datos de proyección TC. Cada píxel de la imagen TC denota la densidad, el número atómico y otros atributos físicos de la parte correspondiente en los artículos líquidos.

[0075] Después, en la etapa S115, el ordenador analiza la imagen TC ejecutando un programa de análisis y obtiene la densidad y el número atómico medidos. Después, en la etapa S116, la densidad y el número atómico medidos se comparan con la densidad y el número atómico de referencia recuperados de la base de datos para determinar si son coherentes, por ejemplo si la diferencia entre ellos es menor que un umbral predeterminado. En la etapa S117, se indica que el artículo líquido es sospechoso si la diferencia es mayor que el umbral predeterminado, avisándose al operario con una alarma o imprimiéndose el resultado de la inspección.

[0076] La operación detallada de cada etapa se describirá con respecto a las Fig. 9 a 14. La Fig. 9 muestra un diagrama de flujo del proceso de una formación de imágenes con RD, y la Fig. 10 muestra la disposición de los datos de imagen RD recogidos por los medios de detección y captación 30 durante el proceso de la formación de imágenes RD.

[0077] Como se muestra en la Fig. 9, durante la formación de imágenes RD, en la etapa S210 se envía un comando al controlador 50 desde el ordenador 60 para activar el mecanismo portador 40 para que se desplace verticalmente a lo largo del paso de artículos 20. El controlador 50 supervisa la altura del mecanismo portador en tiempo real a través de la unidad de adquisición de información de altura 53 a medida que el mecanismo portador se 5 desplaza verticalmente.

[0078] En la etapa S211, el controlador 50 envía una señal de activación a los medios de detección y captación 30 a intervalos de una determinada altura (por ejemplo, 1 mm). Los medios de detección y captación 30 reciben la señal de activación y después captan señales de salida procedentes de cada detector para obtener datos 10 de detección de alta energía y datos de detección de baja energía, y los guarda en su memoria intermedia interna.

[0079] En la etapa S212 se determina si el mecanismo portador 40 ha alcanzado una altura especificada o no, tal como 500 mm. Si no la ha alcanzado, el flujo vuelve a la etapa S210.

15 **[0080]** Si el mecanismo portador 40 ha alcanzado la altura especificada, entonces el controlador 50 no enviará la señal de activación a los medios de detección y captación 30. El ordenador 60 lee datos de detección recopilados de alta energía y de baja energía de los medios de detección y captación 30 y los dispone en una matriz para formar una imagen RD. Cada píxel de la imagen RD registra la intensidad residual de las radiaciones después de 20 transmitirse a través del artículo, incluyendo una intensidad de radiación de baja energía y una intensidad de radiación de alta energía.

[0081] Como se de ha descrito anteriormente, las posiciones de exploración TC se determinan en función de la imagen RD. Ya sea mediante una identificación automática o una especificación manual, en primer lugar se obtiene un ID de fila en la imagen RD, y después el ordenador convierte el ID en la altura del mecanismo portador y 25 se ordena al controlador 50 que active el mecanismo portador 40 hasta una posición especificada, llevándose a cabo entonces una formación de imágenes TC.

[0082] A partir del diagrama de flujo de la formación de imágenes RD, cada fila de la imagen RD corresponde a una altura del mecanismo portador 40. Si se supone que la altura del mecanismo portador es 0 cuando comienza 30 la formación de imágenes RD, el mecanismo portador 40 desciende durante la formación de imágenes y la captación se activa a intervalos de h mm, por lo que la m -ésima fila de la imagen RD corresponde a una altura de $-m \cdot h$ del mecanismo portador.

[0083] La Fig. 11 muestra un diagrama de flujo de un proceso para determinar una posición de exploración TC 35 procesando la imagen RD.

[0084] En la imagen RD, el artículo líquido inspeccionado se divide generalmente en una parte inferior de botella, una parte líquida, un cuello de botella, un tapón de botella, etc. La parte líquida puede extraerse mediante una técnica de análisis de imágenes y después pueden determinarse las posiciones de exploración TC. 40

[0085] En la etapa S310, una imagen RD de un solo valor con bajo ruido puede obtenerse integrando y alisando los datos de alta energía y de baja energía de la imagen RD. Por ejemplo, el procedimiento específico para integrar los datos de alta energía y de baja energía puede ser la selección de los datos de alta energía o de baja energía como el resultado de la integración, o una combinación ponderada de los datos de alta energía y de baja 45 energía. El procedimiento de alisamiento puede ser un proceso de filtrado de la imagen con un filtro de Gauss.

[0086] En la etapa S311 se extrae el artículo líquido (en primer plano) de la imagen RD alisada y se elimina el aire (fondo). El procedimiento específico puede fijar 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 eliminar el 50 fondo es que el artículo líquido bloquea las radiaciones y, por tanto, los píxeles correspondientes de la imagen RD tienen valores bajos (la imagen RD registra la intensidad residual de las radiaciones).

[0087] En la etapa S312 se extraen píxeles de borde horizontal de la imagen RD alisada. El procedimiento específico es calcular la diferencia entre cada píxel de la imagen RD y un píxel adyacente siguiente en dirección 55 vertical, y tomar el píxel como el píxel de borde horizontal si la diferencia es mayor que un umbral.

[0088] En la etapa S313 se extraen filas de borde horizontal de la imagen RD alisada. Las filas de borde horizontal corresponden a la superficie de separación entre la parte inferior y el líquido, la superficie de separación entre el líquido y el aire, y la superficie de separación entre el tapón y el aire, o superficies de separación en el

contenedor entre diferentes capas de líquido. El procedimiento para obtener las filas de borde horizontal consiste en calcular una relación del número de píxeles de borde horizontal y el número de píxeles de primer plano en cada fila, y tomar la fila como la fila de borde horizontal si la relación es mayor que un umbral (por ejemplo, el 50%).

5 **[0089]** En la etapa S314, la imagen RD se divide verticalmente y se excluyen las regiones no líquidas. Las filas de borde horizontal de la imagen RD dividen la imagen RD en una pluralidad de regiones, incluyendo una parte inferior de botella, una parte líquida (puede tener varias capas con diferentes densidades), una parte de separación dentro de la botella (si la hubiera) y un tapón de botella. Las regiones no líquidas pueden excluirse estableciendo una regla de selección, que puede ser:

10

a) en la dirección vertical se excluye una región con la pluralidad de filas por debajo de un umbral. La región con un bajo número de filas es una región de poco grosor, que puede ser el la parte inferior de la botella, el tapón de la botella o una parte de separación en la parte superior de la botella (por ejemplo, el aire en la parte superior de una lata). El umbral puede fijarse inspeccionando la parte inferior de la botella, el tapón de la botella y el grosor del aire en el contenedor de varios contenedores de envasado de líquido.

15

b) en la dirección horizontal se excluye una región con un número medio de píxeles de primer plano de cada fila por debajo de un umbral. Una región de este tipo es generalmente el delgado cuello de la botella. El umbral puede fijarse adquiriendo el ancho de los cuellos de botella de varios contenedores de envasado de líquido.

20

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

25 **[0091]** Lo expuesto anteriormente describe el proceso para determinar automáticamente las posiciones de exploración TC. En caso de especificar manualmente las posiciones de exploración, el operario especifica directamente filas en la imagen RD mostrada, a través del dispositivo de entrada 65, como las posiciones de exploración TC.

30 **[0092]** La Fig. 12 muestra un proceso de una formación de imágenes TC y la Fig. 13 muestra la disposición de los datos de proyección TC durante el proceso de la formación de imágenes TC.

[0093] Como se muestra en la Fig. 12, después de haberse determinado las posiciones TC, se lleva a cabo un proceso de formación de imágenes TC, es decir, se lleva a cabo una formación de imágenes TC en las posiciones de exploración TC determinadas para generar una imagen de densidad-número atómico de una porción del artículo inspeccionado para medir la densidad y el número atómico del líquido. Como se ha descrito anteriormente, la formación de imágenes TC solo se lleva a cabo en las posiciones típicas y, por tanto, puede ahorrarse una gran cantidad de tiempo.

35

40 **[0094]** En la etapa S410, el ordenador 60 envía un comando al controlador 50 para accionar el mecanismo portador 40 para que rote en un ángulo, tal como un grado. El controlador 50 supervisa el ángulo del mecanismo portador en tiempo real a través de la unidad de adquisición de información de ángulo 54 a medida que rota el mecanismo portador.

45 **[0095]** En la etapa S411, el controlador 50 envía una señal de activación a los medios de detección y captación 30 tras la rotación de un grado. Los medios de detección y captación 30 reciben la señal de activación y captan señales de salida de detectores respectivos, guardándolas en su memoria intermedia interna.

[0096] Después, en la etapa S412, se determina si el ángulo de rotación acumulado ha completado un ciclo o no. Si no lo ha completado, el flujo vuelve la etapa S410 y prosigue con el proceso anterior.

50

[0097] Si el ángulo de rotación acumulado ha alcanzado un ángulo especificado (tal como 360 grados), entonces, en la etapa S413, la rotación se interrumpe y el controlador 50 ya no enviará ninguna señal de activación a los medios de detección y captación 30. El ordenador 60 extrae señales de detección recogidas de alta energía y de baja energía de los medios de detección y captación 30 y las dispone en una matriz de datos para formar datos de proyección TC, como se muestra en la Fig. 13. Cada píxel de los datos de proyección TC registra la intensidad residual de las radiaciones después de haberse transmitido a través del artículo, incluyendo la intensidad de radiación de baja energía y la intensidad de radiación de alta energía.

55

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

5

[0099] A continuación se describirá el proceso de reconstruir una imagen tomográfica a partir de los datos de proyección TC de alta y baja energía.

Principio matemático de TC

10

[0100] Una función unidimensional $p_d(t)$ puede obtenerse integrando de manera lineal una distribución bidimensional $u(x,y)$ a lo largo de una dirección θ , función a la que se hace referencia como la proyección de $u(x,y)$ en un ángulo θ . Si se ha obtenido la $p_d(t)$ de direcciones respectivas, entonces la distribución bidimensional $u(x,y)$ puede calcularse de manera precisa a través de una transformada de Radon. El proceso de calcular una distribución bidimensional a partir de una proyección se denomina reconstrucción.

15

[0101] En una aplicación real, la proyección de un coeficiente de atenuación de una porción de un artículo en direcciones respectivas puede medirse por una máquina de rayos X y un detector que rota alrededor del artículo en un ciclo. Después, la distribución bidimensional del coeficiente de atenuación puede reconstruirse a partir del principio de TC.

20

Modelo de descomposición de material de base

[0102] En el intervalo de energía de un pequeño sistema de inspección de seguridad con rayos X (<200 keV), el coeficiente de atenuación de radiación puede expresarse de manera aproximada mediante la siguiente fórmula (1).

25

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

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

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

30

[0103] En la fórmula (1), el coeficiente de atenuación lineal, $\mu(E)$, como una función de energía E de rayos X, se descompone en $f_p(E)$, que denota la contribución del efecto fotoeléctrico, y en $f_{KN}(E)$, el efecto Compton. Tanto $f_p(E)$ como $f_{KN}(E)$ tienen fórmulas conocidas, las cuales se han omitido aquí. Los coeficientes de descomposición a_1 y a_2 están relacionados con el número atómico, el número de masa y la densidad, cuyas fórmulas se muestran en (2) y (3), en las que Z denota el número atómico, M denota el número de masa, ρ denota la densidad (g/cm^3) y n es una constante.

35

[0104] Según la fórmula (1), con una distribución de energía de rayos X dada, el coeficiente de atenuación lineal de cada sustancia puede determinarse de manera unívoca solamente con dos coeficientes a_1 y a_2 . Por lo tanto, si seleccionamos dos materiales de base, tales como carbono y aluminio, entonces el resto de materiales pueden expresarse como la combinación lineal de los coeficientes de atenuación lineal de estos materiales de base, como se muestra en la siguiente fórmula (4).

40

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

45

[0105] La fórmula (4) es simplemente una transformación lineal de la fórmula (1), donde $\mu_1(E)$ y $\mu_2(E)$ son los coeficientes de atenuación lineal de los materiales de base seleccionados, y b_1 y b_2 se denominan coeficientes de material de base. Otra interpretación de la fórmula (4) es que el coeficiente de atenuación lineal de cualquier material puede considerarse como una suma ponderada de los coeficientes de atenuación lineal de dos materiales de base.

50

[0106] Por tanto, una *densidad característica*, ρ^* , se define como el producto de la relación de dos veces el número atómico y el número de masa con la densidad, como se muestra en la fórmula (5).

$$\rho^* = \rho \frac{2Z}{M} \quad (5)$$

5

[0107] Supóngase que los números atómicos y las densidades características de los dos materiales de base ya se conocen como (Z_1, ρ_1^*) y (Z_2, ρ_2^*) respectivamente; el número atómico y la densidad característica de cualquier material pueden obtenerse a partir de las anteriores fórmulas (1) a (4) de la siguiente manera:

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

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

10

Modelo de proyección de material de base

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

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

20 **[0109]** Entonces, la proyección en una línea de proyección puede expresarse como la siguiente integración:

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

25 donde I_0 e I denotan respectivamente las lecturas del detector antes y después de que la radiaciones se hayan atenuado por el artículo, E_m denota la energía máxima de las radiaciones e l denota la trayectoria de las radiaciones.

[0110] La anterior fórmula (9) muestra la relación entre la proyección medida p y la distribución bidimensional $\mu(x, y)$. Resulta evidente que la fórmula (9) no es la integración lineal de $\mu(x, y)$ ya que la energía de rayos X no es una constante y, por tanto, no cumple el requisito del principio matemático de TC.

30

[0111] El algoritmo de reconstrucción convencional no tiene en cuenta tal uniformidad y, como resultado, la imagen reconstruida de $\mu(x, y)$ tendrá un artefacto en forma de copa, denominado artefacto endurecido. Si calculamos dos conjuntos de $\mu(x, y)$ mediante el algoritmo de reconstrucción convencional y después obtenemos información tal como el número atómico y la densidad, el resultado también tendrá artefactos.

35

[0112] La presente invención soluciona este problema con un modelo de descomposición de material de base. Sustituyendo la fórmula (4) en la fórmula (9), obtenemos un modelo de proyección de material de base:

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

40

Sean

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

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

donde B_1 y B_2 se denominan como la proyección de los coeficientes de material de base $b_1(x, y)$ y $b_2(x, y)$. Entonces, los datos de proyección de doble energía pueden obtenerse captando los datos de proyección con doble energía.

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

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

donde E_1 denota la energía máxima de las radiaciones de baja energía y E_2 denota la energía máxima de las radiaciones de alta energía. Después de que (p_1, p_2) se hayan medido, (B_1, B_2) pueden resolverse según las fórmulas (13) y (14), lo que se describirá en la siguiente sección. Después de que (B_1, B_2) se hayan obtenido en todos los ángulos, la distribución de los coeficientes de material de base $b_1(x, y)$ y $b_2(x, y)$ puede reconstruirse según la teoría de reconstrucción TC. Después, el número atómico y la distribución de densidad característica del artículo y el coeficiente de atenuación lineal de cualquier energía pueden calcularse según el modelo de descomposición de material de base.

Solución de proyección de coeficientes de material de base (B_1, B_2)

[0113] Ambas fórmulas (13) y (14) son fórmulas integrales logarítmicas que no pueden resolverse de manera analítica. El procedimiento iterativo no lineal convencional necesita una gran cantidad de cálculo y no puede obtener fácilmente soluciones estables.

[0114] Debe observarse que la proyección de doble energía medida puede expresarse de la siguiente manera después de que las radiaciones hayan pasado a través los materiales de base 1 y 2 con grosor d_1 y d_2 .

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

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

[0115] Comparando las fórmulas (13) y (14) con la (15) y (16), puede observarse que el par de proyecciones medidas (p_1, p_2) es el mismo. Es decir, el par de datos de proyección (B_1, B_2) de los materiales de base es el mismo que el par de grosor (d_1, d_2) de los materiales de base. Por lo tanto, la correspondencia entre el par de datos de proyección de doble energía (p_1, p_2) y el par de datos de proyección de coeficientes de material de base (B_1, B_2) puede obtenerse midiendo la proyección de doble energía de un par de grosor diferente, pudiendo generarse una tabla de consulta. Un par (B_1, B_2) puede calcularse a partir de (p_1, p_2) según la tabla de consulta mediante interpolación lineal, en lugar de un proceso de resolución complejo.

[0116] La Fig. 14 muestra el proceso para medir de los atributos del líquido.

[0117] Como se muestra en la Fig. 14, en la etapa S510, la imagen de densidad y la imagen de número atómico se integran y alisan para formar una imagen TC de un solo valor con bajo ruido. El procedimiento de integración específico puede ser la selección de la imagen de densidad o de la imagen de número atómico como el resultado de la integración, o una combinación ponderada de ambas imágenes. El procedimiento de alisamiento específico puede ser filtrar la imagen con un filtro de Gauss.

[0118] En la etapa S511 se extraen los artículos inspeccionados (en primer plano, incluyendo el líquido y el envase del mismo) de la imagen TC alisada, y la imagen del aire (fondo) se elimina. Un procedimiento específico consiste en fijar un umbral y tomar píxeles con valores por encima del umbral como píxeles de primer plano y otros píxeles como píxeles de fondo. El motivo es que la densidad y el número atómico del aire son prácticamente cero, mientras que los del artículo líquido inspeccionado son relativamente mayores.

[0119] En la etapa S512 se extraen los píxeles de líquido de los píxeles en primer plano. Un procedimiento específico de extracción puede incluir las siguientes etapas. En primer lugar, se establece una imagen binaria correspondiente a la imagen TC, fijando el valor de los píxeles en primer plano a uno y el valor de los píxeles de fondo a cero. Después, se aplica la técnica de erosión morfológica a la imagen binaria para eliminar el envase, ya que el líquido siempre está dentro de un envase. El número de corrosiones puede fijarse según el grosor del envase.

[0120] En la etapa S513, la densidad media y el número atómico medio de todos los píxeles de líquido de la imagen TC pueden calcularse como el resultado de salida de esta medición.

[0121] Además, si el proceso de análisis de imagen RD descubre que el líquido tiene múltiples capas, las etapas anteriores se repiten con respecto a cada capa para determinar si alguna capa es sospechosa. El operario puede ser informado del resultado final de la inspección.

[0122] Además, si la información de los artículos líquidos en la base de datos es insuficiente, es decir, el operario de sistema no puede obtener la información de identificación de un determinado artículo, la base de datos puede ampliarse. Dicho de otro modo, la base de datos no solo puede rellenarse por el fabricante del producto en la fábrica, sino que también puede ampliarse por el operario in situ. Por ejemplo, cuando aparece un nuevo tipo de bebida en el mercado, el operario puede generar la densidad de referencia y el número atómico de referencia a partir de muestras de la bebida. La Fig. 15 muestra el proceso de ampliar la base de datos.

[0123] El procedimiento básico para añadir un elemento a la base de datos consiste en medir su densidad y su número atómico de referencia, asignar una identificación única al mismo y después introducirla en el árbol de identificación con la densidad y el número atómico de referencia.

[0124] Como se muestra en la Fig. 15, en la etapa S610, el operario enciende el sistema y accede a la interfaz de ampliación de la base de datos. El sistema pasa al estado preparado después de una autocomprobación. Después, el operario coloca el artículo líquido que va a inspeccionarse, y que se quiere añadir a la base de datos, en el mecanismo portador 40. En la etapa S611, el ordenador 60 envía un comando al controlador 50 para activar la fuente de radiación 10 y los medios de detección y captación 30 para llevar a cabo la formación de imágenes RD. En la etapa S612A, la posición del líquido se determina automáticamente como se ha descrito anteriormente o, en la etapa S612B, la posición del líquido también puede especificarse por el operario en la imagen RD.

[0125] Después, en la etapa S615, el operario fija la identificación para las muestras del líquido, tal como Coca-Cola. En la etapa S616, la identificación se asocia a la densidad y el número atómico de referencia y después se almacena en la base de datos.

[SEGUNDA REALIZACIÓN]

[0126] La primera realización anterior se refiere al caso de que un solo artículo líquido se inspecciona al mismo tiempo. Un proceso para inspeccionar una pluralidad de artículos líquidos a la vez se describirá con respecto a las Fig. 16 a 19. La segunda realización difiere de la primera realización en que las posiciones del resultado de la formación de imágenes mostradas en el dispositivo de visualización deberían corresponder a las posiciones de los artículos en el mecanismo portador de modo que el operario pueda determinar qué artículo es sospechoso después de haberse obtenido la imagen TC. La Fig. 16A y la Fig. 16B muestran diagramas de imágenes TC reconstruidas en el caso en que una pluralidad de artículos líquidos va a inspeccionarse según la segunda realización.

[0127] Por ejemplo, si el operario observa desde arriba los artículos inspeccionados en el mecanismo portador, entonces las posiciones de los artículos respectivos en las imágenes TC de todas las capas deben corresponder a la vista desde arriba del mecanismo portador.

[0128] Las Fig. 17A a 17K muestran el proceso de cómo rotar las imágenes de reconstrucción TC y/o el mecanismo portador para que se alineen con la posición previa a la exploración TC.

- 5 [0129] La Fig. 17A muestra una vista desde arriba del mecanismo portador 40 cuando se inicia la primera formación de imágenes TC, donde el ángulo del mecanismo portador se denota mediante una flecha. La Fig. 17B muestra la primera imagen TC, donde el alcance de rotación del mecanismo portador se identifica mediante la línea discontinua. Debe observarse que la Fig. 17B está alineada con la Fig. 17A mediante un algoritmo de reconstrucción TC convencional. La Fig. 17C muestra la primera imagen TC visualizada después de la inspección, que es la misma que la de la Fig. 17B, ya que no es necesaria ninguna rotación adicional.
- 10 [0130] La Fig. 17D muestra una vista desde arriba del mecanismo portador cuando se inicia la enésima formación de imágenes TC. En la Fig. 17D puede observarse que el mecanismo portador gira en un ángulo con respecto al ángulo anterior a la primera formación de imágenes TC. La Fig. 17E muestra la imagen TC de la Fig. 17D, y la Fig. 17F muestra la enésima imagen visualizada en la pantalla después de la inspección, que está alineada con la primera imagen TC mediante rotación.
- 15 [0131] La Fig. 17G muestra una vista desde arriba del mecanismo portador cuando comienza la última formación de imágenes TC. En la Fig. 17G puede observarse que el mecanismo portador gira en un ángulo con respecto al ángulo de la primera formación de imágenes TC. La Fig. 17H muestra la imagen TC de la Fig. 17G, y la Fig. 17I muestra la última imagen TC visualizada en la pantalla después de la inspección, que está alineada con la primera capa de la imagen TC mediante rotación.
- 20 [0132] La Fig. 17J muestra una vista desde arriba del mecanismo portador después de que finalice la última formación de imágenes TC, donde el mecanismo portador gira en un ángulo con respecto al ángulo anterior al comienzo de la primera formación de imágenes TC. La Fig. 17K muestra una vista desde arriba del mecanismo portador después de la inspección, que vuelve a la posición de la Fig. 17A.
- 25 [0133] El procedimiento de alineación básico consiste en: después de todas las formaciones de imágenes TC, los ángulos de capas respectivas de la imagen TC y del mecanismo portador se ajustan. En primer lugar, capas respectivas de las imágenes TC rotan según los ángulos del mecanismo portador en inicios respectivos de formación de imágenes TC (los grados pueden obtenerse mediante la unidad de adquisición de información de ángulo 54) de modo que las posiciones del mismo artículo en las imágenes TC de capas respectivas se alinean, por ejemplo con la primera capa de TC. Después, el ángulo del mecanismo portador se ajusta de modo que la vista desde arriba del mecanismo portador corresponda a la imagen TC.
- 30 [0134] Por ejemplo, supóngase que la formación de imágenes TC se realiza N veces, y que el ángulo del mecanismo portador es α_n al inicio de la enésima formación de imágenes TC y es β_n al final de la enésima formación de imágenes TC. El mecanismo portador gira en el sentido contrario a las agujas del reloj según se ve desde arriba. Para que la posición del artículo en la enésima imagen TC sea coherente con la posición en la primera, la enésima imagen TC gira $\alpha_n - \alpha_1$ en el sentido contrario a las agujas del reloj. Finalmente, el mecanismo portador gira $360 - (\beta_N - \alpha_1)$ en el sentido contrario a las agujas del reloj para la vista desde arriba del mecanismo portador sea coherente con la imagen TC.
- 35 [0135] La Fig. 18 muestra un diagrama de flujo para llevar a cabo la operación de inspección en caso de que se inspeccione una pluralidad de artículos. Como se muestra en la Fig. 18, en la etapa S710, el operario enciende el sistema y accede a la interfaz de inspección. El sistema pasa al estado preparado después de una autocomprobación. Después, el operario coloca la pluralidad de artículos que van a inspeccionarse, tal como un artículo A y un artículo B, en el mecanismo portador 40 y pulsa un botón de inspección. En este caso, se supone que el artículo A está colocado en la esquina superior derecha del mecanismo portador y que el artículo B está colocado en la esquina inferior izquierda del mecanismo portador. Además, el operario introduce información de identificación respectiva del artículo A y del artículo B.
- 40 [0136] En la etapa S711, la densidad de referencia y el número atómico de referencia respectivos se recuperan de la base de datos en función de la información de identificación del artículo A y el artículo B. Después, en la etapa S712, el operario pulsa un botón de inicio para llevar a cabo la exploración RD de la manera descrita anteriormente para generar una imagen RD.
- 45 [0137] Tras haberse obtenido la imagen RD, en la etapa S713A, la imagen RD se analiza para determinar automáticamente la posición de exploración de la formación de imágenes TC o, en la etapa S713B, el operario maneja el dispositivo de entrada 65, tal como un ratón, para especificar posiciones en las que llevar a cabo una exploración TC. De esta manera, la exploración TC solo se lleva a cabo en posiciones típicas en los artículos

líquidos, por lo que la inspección se acelera sin degradar la calidad de la inspección.

5 **[0138]** Tras determinarse las posiciones de exploración TC, en la etapa S714 se lleva a cabo un proceso de exploración TC, es decir, se lleva a cabo una exploración TC en las posiciones determinadas en los artículos líquidos para obtener datos de proyección TC, y una imagen TC se reconstruye en función de los datos de proyección TC. Cada píxel de la imagen TC denota la densidad y el número atómico de una parte correspondiente en los artículos líquidos. En caso de que el líquido presente varias capas, la exploración TC se repite para cada capa.

10 **[0139]** Tras finalizar la última formación de imágenes TC, en la etapa S715 y S716, el mecanismo portador y cada capa de la imagen TC se ajustan de la manera descrita anteriormente de modo que las posiciones de artículos respectivos en cada capa de la imagen TC sean coherentes (por ejemplo, estén alineadas con las de la imagen TC de la primera capa), y sean coherentes con las posiciones reales de los artículos en el mecanismo portador (por ejemplo, en la vista desde arriba), por lo que el artículo A y el artículo B pueden distinguirse entre sí.

15 **[0140]** En la etapa S717 se lleva a cabo un procesamiento de división de imagen en las imágenes TC de cada capa (por ejemplo, usando un algoritmo de vertiente) para obtener la región líquida de cada artículo inspeccionado. En la etapa 718 se calcula la densidad media y el número atómico medio de píxeles respectivos en cada región líquida y se comparan con la densidad y el número atómico de referencia en la etapa S719. En la etapa S720 se determina si el artículo inspeccionado es sospechoso.

20 **[0141]** En la etapa S721, los resultados de capas respectivas se recopilan y se muestran al operario. Uno de los procedimientos de recopilación consiste en concluir que el resultado es "seguro" solamente si se determina que todas las regiones líquidas en todas las imágenes TC son seguras; en caso contrario, el resultado es "sospechoso". Además, las imágenes TC de capas respectivas se colorean y se muestran a los usuarios. Los artículos
25 sospechosos se muestran con un determinado color (tal como rojo) y el líquido seguro se muestra con otro color (tal como verde).

[0142] Lo expuesto anteriormente describe un caso en el que se inspeccionan dos artículos líquidos. Cuando van a inspeccionarse más artículos líquidos, una pluralidad de regiones, tal como una región A, una región B, una
30 región C y una región D mostradas en la Fig. 19, están divididas en la superficie sobre la que los artículos líquidos se depositan en el mecanismo portador, como se muestra en la Fig. 19, de modo que el operario puede determinar las posiciones de artículos líquidos respectivos. De esta manera, el operario puede localizar artículos líquidos respectivos en regiones correspondientes e introducir información de identificación de líquido respectivo para regiones respectivas.

35 [TERCERA REALIZACIÓN]

[0143] Para mejorar la eficacia de la inspección y para ayudar a que los artículos delgados se sostengan de manera estable en el tambor, la tercera realización utiliza un tambor dividido.

40 **[0144]** La tercera realización difiere de la segunda en que un tambor dividido se usa en el proceso de inspección una pluralidad de artículos. El funcionamiento del sistema de inspección según la tercera realización se describirá con respecto a las Fig. 20 a 25.

45 **[0145]** La Fig. 20 muestra una vista lateral de un tambor dividido según una realización de la invención, la Fig. 21 muestra una vista desde arriba de un tambor dividido y la Fig. 22 muestra una vista desde debajo de un tambor dividido.

[0146] Como se muestra en la Fig. 20, el tambor dividido 70 comprende una pared inferior y una pared lateral
50 acopladas a la parte inferior. Salientes en forma de cono o con otra forma están previstos en la superficie inferior de la parte inferior. Los tres salientes en forma de cono pueden insertarse en los orificios de localización correspondientes del mecanismo portador 40, de modo que el tambor dividido 70 girará del mismo modo que el mecanismo portador 40 durante la rotación del mecanismo portador 40 para impedir que se produzca entre los mismos un movimiento relativo.

55 **[0147]** Además, como se muestra en la Fig. 20, un reborde está previsto a lo largo de la parte superior de la pared lateral para facilitar el agarre y el porteo por parte del operario. La pared lateral tiene forma de columna o cono, y está hecha de materiales elásticos, tal como polietileno (PE) o aluminio.

[0148] La Fig. 21 es una vista desde arriba de tres tipos de tambores divididos. Como se muestra, una o más partes divisorias están previstas en el espacio formado por la pared inferior y la pared lateral. El espacio está dividido en una pluralidad de subespacios para colocar artículos líquidos correspondientes. De esta manera, si una pluralidad de artículos líquidos van a inspeccionarse a la vez, los artículos líquidos se colocan en los subespacios divididos por las partes divisorias. En este caso, pueden proporcionarse marcas en la superficie externa de la pared lateral para localizar los artículos en el tambor. Por ejemplo, cuando se determina que uno de cuatro artículos es sospechoso, tal artículo puede notificarse al operario mediante la marca correspondiente del artículo en la pared lateral.

[0149] Por ejemplo, como se muestra a la izquierda de la Fig. 21, una marca con secciones redondas de tamaños prefijados está prevista en el extremo de las partes divisorias, o una de las partes divisorias que es más corta que las otras se usa como la marca para localizar artículos líquidos.

[0150] La Fig. 22 es una vista desde abajo de un tambor dividido. Aunque tres salientes están previstos de manera uniforme en la superficie inferior de la parte inferior, los salientes también pueden estar distribuidos de manera no uniforme.

[0151] La Fig. 23 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 puede detectarse mediante un procedimiento de correspondencia de patrones que es habitual en el procesamiento de imágenes, ya 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 puede establecerse en primer lugar una imagen de patrón con una cruz, y el centro del patrón se coloca en el centro de la imagen TC que va a identificarse para obtener un valor coincidente.

[0152] En la etapa S811 se determina si el valor coincidente es mayor que un umbral predeterminado o no. Si no lo es, entonces la imagen de patrón se rota hasta obtener una coincidencia máxima de la imagen de patrón y la imagen TC. Si el valor coincidente es mayor que un umbral predeterminado, entonces se considera que hay un tambor dividido en la imagen TC; en caso contrario, se considera que no hay un tambor dividido en la imagen TC.

[0153] En caso de que haya un tambor dividido en la imagen TC, entonces, en la etapa S812, la marca de localización puede detectarse según las características de la misma. Tomando de nuevo como ejemplo el primer tipo de tambor con una parte divisoria en cruz, la marca de localización está en la parte superior de una línea divisoria que es más larga que las otras tres líneas divisorias. Tras determinarse que hay un tambor dividido en la imagen TC a través del procedimiento de correspondencia de patrones, la línea de cruz de la imagen de patrón con una coincidencia máxima está superpuesta a una línea divisoria. La marca de localización puede detectarse comparando las cuatro líneas divisorias y tomando la más larga.

[0154] En caso de una formación de imágenes TC de múltiples capas, primero se lleva a cabo una detección de barril dividido y una detección de marcas de localización en cada capa de la imagen TC. Si no se detecta un tambor dividido en las capas respectivas, entonces se considera que el operario no usa un 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 las marcas de localización detectadas de capas respectivas son diferentes, entonces aquélla con la intensidad de señal más fuerte puede tomarse como la marca de localización final. Un procedimiento para describir la intensidad de señal de la marca de localización en una capa de la imagen TC es restar un valor promedio del valor máximo de las cuatro líneas divisorias en la capa. Cuanto mayor sea la diferencia, más potente será la intensidad de señal de la marca de localización.

[0155] Las Fig. 24A a 24D muestran un diagrama de un proceso para rotar el 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 parte divisoria en cruz, un sistema de coordenadas polares se establece con el centro de la imagen TC como origen, determinándose de manera unívoca las posiciones de cada cámara mediante las coordenadas de ángulo de la marca de localización. Supóngase que el ángulo de la coordenada polar correspondiente a la marca de localización finalmente determinada en la imagen TC es γ , y que el ajuste prefijado objetivo del sistema es θ ; entonces, el ajuste puede realizarse haciendo girar las capas de la imagen TC y el mecanismo portador en $\theta - \gamma$, como se muestra en la Fig. 24.

[0156] Como se muestra en las Fig. 24A y 24B, el tambor dividido gira en un determinado ángulo para llegar a una posición prefijada. Asimismo, cada capa de la imagen TC rota para alinearse con el tambor dividido rotado.

[0157] La Fig. 25 muestra un diagrama de flujo de la operación de inspección según una tercera realización de

la invención. Las etapas S910 a S921 son las mismas que las etapas S710 a S721 de la segunda realización anterior. Solamente se describirán las etapas S922 a S926.

[0158] En la etapa S922 se analiza la imagen TC. En la etapa S923 se determina si hay un tambor dividido.
5 En caso de que no haya un tambor dividido, entonces la operación de inspección finaliza.

[0159] 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 portador y cada capa de la imagen TC se ajustan adicionalmente para que cada cámara del tambor en el mecanismo portador y cada cámara
10 en cada capa de la imagen TC lleguen a posiciones predeterminadas.

[0160] En la etapa S926, el sistema enumera los resultados de regiones líquidas respectivas de cada capa de la imagen TC en cada cámara, y los recopila para mostrarlos al usuario. Un procedimiento de recopilación según la realización consiste en concluir que el resultado de una cámara es "seguro" solamente si se determina que todas las
15 regiones líquidas de todas las imágenes TC de esta cámara son seguras; en caso contrario, el resultado de la cámara es "sospechoso".

[CUARTA REALIZACIÓN]

[0161] Las tres realizaciones anteriores describen el caso en que el procedimiento de inspección según la presente invención se usa para determinar si el artículo líquido inspeccionado es sospechoso, pero puede determinarse directamente si hay drogas ocultas en el artículo líquido inspeccionado.

[0162] Los atributos físicos (tales como la densidad y el número atómico equivalente) del artículo líquido
25 cambiarán tras haberse introducido drogas en el mismo. Por ejemplo, la densidad del agua pura es de 1,00 g/cm³, y el número atómico de la misma es 7,5.

[0163] Tras disolver 50 g de cocaína en 1000 g de agua, la densidad pasa a ser 1,01 g/cm³ y el número atómico pasa a ser 7,6.

[0164] El procedimiento para calcular el número atómico equivalente de una sustancia (que incluye un mezclador) es el siguiente.

[0165] Supóngase que una sustancia incluye N tipos de elementos, que el número atómico de elementos
35 respectivos es Z_i y que el porcentaje del número de átomos de N elementos respectivos es α_i , donde $i = 1, 2, \dots, N$

$$\sum_{i=1}^N \alpha_i = 1,$$

y; entonces el número atómico equivalente de esta sustancia es:

$$Z_{eff} = \left[\sum_{i=1}^N \alpha_i Z_i^{4.5} / \sum_{i=1}^N \alpha_i Z_i \right]^{1/3.5}$$

[0166] Por lo tanto, tomando agua (H₂O) como ejemplo, el cálculo del número atómico equivalente se muestra en la siguiente Tabla 1.

Tabla 1

Tipo de átomo	H	O
Número atómico de átomos respectivos	1	8
Porcentaje de número de átomos	66,7%	33,3%
Número atómico equivalente	7,51	

45

[0167] Tras introducir drogas en la misma, el cambio del número atómico se muestra en la siguiente Tabla 2.

Tabla 2

	Sin drogas	Con un 5% de droga	Con un 10% de droga	Con un 15% de droga	Con un 20% de droga
Densidad	1,00	1,01	1,02	1,03	1,04
Densidad característica	1,11	1,12	1,13	1,14	1,15
Número atómico	7,51	7,62	7,73	7,84	7,95

5

[0168] Además, la Fig. 26A muestra una curva de cambios de la densidad después de haber introducido droga en el líquido, la Fig. 26B muestra una curva de cambios del número atómico después de haber introducido droga en el líquido, y la Fig. 26C muestra una curva de cambios de la densidad característica después de haber introducido droga en el líquido.

10

[0169] El procedimiento de inspección según la realización de la presente invención se describirá con respecto a la Fig. 27.

[0170] En la etapa S1010, el operario coloca un artículo líquido que va a inspeccionarse en el mecanismo portador 40, y adquiere la información de identificación del artículo líquido, por ejemplo una botella de agua, a partir de la declaración en la aduana del pasajero o de lo especificado en el artículo líquido.

[0171] Después, en la etapa S1011, el operario recupera la densidad de referencia y el número atómico de referencia a partir de la base de datos en función de la información de identificación, tal como una densidad de 1,00 (siendo la densidad característica 1,11) g/cm³ y un número atómico de referencia de 7,51. Después, el operario pulsa un botón de inicio para iniciar la exploración RD y generar una imagen RD.

[0172] Tras haberse obtenido la imagen RD, en la etapa S1013A, la imagen RD se analiza para determinar automáticamente posiciones de exploración TC o, en la etapa S1013B, las posiciones de exploración TC pueden especificarse por el operario manejando el dispositivo de entrada 65, tal como un ratón. De esta manera, la exploración TC solo se lleva a cabo en posiciones típicas en los artículos líquidos, por lo que la inspección se acelera sin degradar la calidad de la inspección.

[0173] Tras haberse obtenido las posiciones de exploración TC, en la etapa S1014 se lleva a cabo un proceso de exploración TC, es decir, una exploración TC se lleva a cabo en las posiciones determinadas en los artículos líquidos para obtener datos de proyección TC, y una imagen TC se reconstruye en función de los datos de proyección TC. Cada píxel de la imagen TC denota la densidad y el número atómico de la parte correspondiente en los artículos líquidos.

[0174] Después, en la etapa S1015 el ordenador analiza la imagen TC ejecutando un programa de análisis y obtiene la densidad y el número atómico medidos. Por ejemplo, la densidad es 1,02 (siendo la densidad característica 1,13) g/cm³ y el número atómico es 7,71. Después, en la etapa S1016, se obtiene una diferencia de 0,02 g/cm³ entre la densidad medida y la densidad de referencia y una diferencia de 0,20 entre el número atómico medido y el número atómico de referencia. Si el umbral de determinación de ocultación de droga se fija como una diferencia de densidad de 0,01 g/cm³ y un número atómico de 0,10, entonces la densidad y el número atómico medidos están en la región predeterminada. En la etapa S1017 se indica que el artículo líquido es sospechoso si la diferencia es mayor que el umbral predeterminado, avisándose al operario con una alarma o imprimiéndose el resultado de la inspección.

[0175] Para determinar la densidad y el número atómico de referencia, una muestra de este tipo de líquido se mide de antemano y el resultado se almacena en la base de datos. Para determinar el umbral deseado de la diferencia, puede fijarse manualmente a un valor apropiado. Si se desea detectar un contenido mínimo de droga, entonces el umbral puede fijarse como un valor relativamente más pequeño. Esto tiene el riesgo de generar una falsa alarma con un artículo inspeccionado sin drogas, debido al ruido del sistema. Por el contrario, si se desea reducir el riesgo de falsas alarmas en artículos sin drogas, el umbral debe fijarse como un valor más elevado. Esto tiene el riesgo de no detectar artículos que tienen un contenido mínimo de droga ya que la diferencia de densidad es inferior al umbral de determinación.

[0176] Como sabrán los expertos en la técnica, aunque lo expuesto anteriormente describe un caso en el que va a inspeccionarse un solo artículo, la cuarta realización también puede aplicarse al caso de una inspección de múltiples artículos, al igual que la segunda realización y la tercera realización.

5 [PRIMERA VARIANTE]

[0177] Aunque la presente invención se ha descrito con respecto al caso de una primera formación de imágenes RD y una posterior formación de imágenes TC, también puede adoptarse una formación de imágenes TC en espiral para inspeccionar artículos líquidos. Sin embargo, esta realización no pertenece a la presente invención.

10

[0178] Un conjunto de imágenes TC en espiral puede obtenerse llevando a cabo TC en un artículo líquido. La posición del líquido en el artículo líquido puede determinarse comparando y analizando píxeles en el conjunto de imágenes TC, y también puede determinarse si el líquido tiene varias capas. Los atributos físicos, tales como la densidad y el número atómico, del líquido en posiciones respectivas pueden obtenerse de manera similar a la descrita anteriormente. Por ejemplo, cuando se lleva a cabo una formación de imágenes TC en el artículo líquido mostrado en la Fig. 28, y el factor de paso (*pitch*) de la espiral es de 2 cm, entonces puede obtenerse un conjunto de imágenes TC como el mostrado en las Fig. 29A a 29M. De esta manera, la posición del líquido en el artículo líquido puede obtenerse analizando píxeles en las imágenes TC en espiral. En este caso, la formación de imágenes TC en espiral puede ser una formación de imágenes TC con un alto factor de paso o una formación de imágenes TC con un factor de paso normal.

15

20

[0179] Además, aunque la descripción anterior toma como ejemplos la densidad y el número atómico, la presente invención también es eficaz cuando solo se usa un atributo, o bien la densidad o bien el número atómico, o incluso cuando se usan más atributos físicos para identificar artículos sospechosos.

25

[0180] Aunque en lo expuesto anteriormente se han descrito realizaciones a modo de ejemplo de la presente invención, a los expertos en la técnica les resultará evidente que cualquier variante y/o modificación de los conceptos básicos inventivos estará dentro del alcance de la presente invención, definida en las reivindicaciones adjuntas.

30

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para la inspección de seguridad de un artículo líquido con TC de doble energía, que comprende las etapas de:
- 5 llevar a cabo una exploración RD para obtener una imagen de transmisión vertical del artículo inspeccionado;
- determinar al menos un posición de exploración TC horizontal en función de al menos una fila de la imagen de transmisión vertical;
- 10 adquirir datos de proyección de doble energía mediante una exploración TC de doble energía en la manera de una exploración TC en plano horizontal en el artículo líquido que va a inspeccionarse en la al menos una posición de exploración TC horizontal determinada;
- 15 llevar a cabo una reconstrucción TC en los datos de proyección para obtener una imagen TC que indica una pluralidad de atributos físicos del artículo líquido inspeccionado;
- extraer la pluralidad de atributos físicos del artículo líquido inspeccionado en función de la imagen TC; y
- 20 determinar si el artículo líquido inspeccionado es sospechoso comparando los atributos físicos extraídos del artículo líquido inspeccionado y los atributos físicos de referencia obtenidos para una pluralidad de líquidos de muestra conocidos.
2. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que los atributos físicos incluyen la densidad y el
- 25 número atómico del artículo líquido.
3. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que los atributos físicos de referencia obtenidos para una pluralidad de líquidos de muestra conocidos se almacenan en una base de datos, donde la base de datos divide la pluralidad de líquidos de muestra en subclases, pudiendo subdividirse cada subclase en subclases adicionales.
- 30 4. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que al menos una fila de la imagen de transmisión vertical se especifica:
- detectando capas de líquido en la imagen de transmisión comparando los píxeles de la imagen de transmisión
- 35 vertical en las direcciones verticales; y
- especificando filas centrales de capas respectivas como las filas en las que va a llevarse a cabo la exploración TC de doble energía.
- 40 5. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que la etapa de llevar a cabo la reconstrucción TC en los datos de proyección para obtener una imagen TC que indica una pluralidad de atributos físicos del artículo líquido inspeccionado comprende las etapas de:
- 45 generar datos de proyección de dos coeficientes de material de base en función de los datos de proyección de alta energía y de baja energía;
- reconstruir los datos de proyección de los dos coeficientes de material de base para obtener una imagen TC que indica los dos coeficientes de material de base correspondientes al artículo líquido inspeccionado; y
- 50 generar una imagen TC que indica atributos físicos del artículo líquido inspeccionado en función de la imagen TC que indica los coeficientes de material de base.
6. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que la etapa de extraer la pluralidad de atributos físicos del artículo líquido inspeccionado en función de la imagen TC comprende las etapas de:
- 55 extraer de la imagen TC píxeles correspondientes al artículo líquido;
- calcular la densidad media y el número atómico medio de los píxeles correspondientes al artículo líquido como la densidad y el número atómico del artículo líquido inspeccionado.

7. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que la etapa de determinar si el artículo líquido inspeccionado es sospechoso según la pluralidad de atributos físicos y de atributos físicos de referencia del artículo líquido inspeccionado comprende las etapas de:
- 5 calcular la diferencia entre la densidad y número atómico y la densidad y número atómico de referencia; y
- determinar que hay drogas ocultas en el artículo líquido inspeccionado si la diferencia es mayor que un umbral predeterminado.
- 10 8. El procedimiento según la reivindicación 1, en el que varios artículos líquidos están dispuestos en un tambor que está dividido en múltiples subespacios, donde el procedimiento comprende además las etapas de:
- 15 detectar automáticamente la presencia del tambor con un patrón predefinido;
- determinar una cierta marca en la imagen TC en caso de que esté presente el tambor; y
- rotar el tambor hasta una posición predefinida en función de la cierta marca.
- 20 9. Un dispositivo para la inspección de seguridad de un artículo líquido con TC de doble energía, que comprende:
- una fuente de radiación para emitir haces de radiación;
- 25 medios de detección y captación para detectar y captar haces de radiación que se transmiten hacia al menos un artículo líquido que va a inspeccionarse;
- un controlador para controlar la fuente de radiación y los medios de detección y captación para llevar a cabo una exploración RD para obtener una imagen de transmisión vertical del artículo inspeccionado y para llevar a cabo una
- 30 exploración TC de doble energía en la manera de una exploración TC en plano horizontal en el artículo líquido inspeccionado en la al menos una posición de exploración TC horizontal para obtener datos de proyección, donde la al menos una posición de exploración TC horizontal se determina en función de al menos una fila de la imagen de transmisión vertical;
- 35 medios para reconstruir los datos de proyección para obtener una imagen TC que indica una pluralidad de atributos físicos del artículo líquido inspeccionado; y
- medios para determinar si el artículo líquido inspeccionado es sospechoso comparando los atributos físicos extraídos del artículo líquido inspeccionado y atributos físicos de referencia obtenidos para una pluralidad de líquidos
- 40 de muestra conocidos.
10. El dispositivo según la reivindicación 9, en el que los medios de detección y captación detectan y captan haces de radiación que se transmiten hacia el al menos un artículo líquido que va a inspeccionarse para formar una imagen de transmisión;
- 45 y donde el dispositivo comprende además:
- medios para detectar capas de líquido en la imagen de transmisión comparando los píxeles de la imagen de transmisión vertical en las direcciones verticales; y
- 50 medios para especificar filas centrales de capas respectivas como las filas en las que va a llevarse a cabo la exploración TC de doble energía.
11. El dispositivo según la reivindicación 9, en el que la pluralidad de atributos físicos incluye al menos la
- 55 densidad y el número atómico del artículo líquido inspeccionado.
12. El dispositivo según la reivindicación 10, en el que los medios para determinar si el artículo líquido inspeccionado es sospechoso en función de los atributos físicos comprenden:

medios para calcular la diferencia entre la densidad y número atómico y la densidad y número atómico de referencia;
y

medios para determinar que hay drogas ocultas en el artículo líquido inspeccionado si la diferencia es mayor que un
5 umbral predeterminado.

13. El dispositivo según la reivindicación 10, que comprende además un tambor que está dividido en
múltiples subespacios para colocar respectivamente una pluralidad de artículos líquidos, que comprende además:

10 medios para detectar automáticamente la presencia del tambor con un patrón predefinido;

medios para determinar una cierta marca en la imagen TC en caso de que esté presente el tambor; y

medios para rotar el tambor hasta una posición predefinida en función de la cierta marca.

15

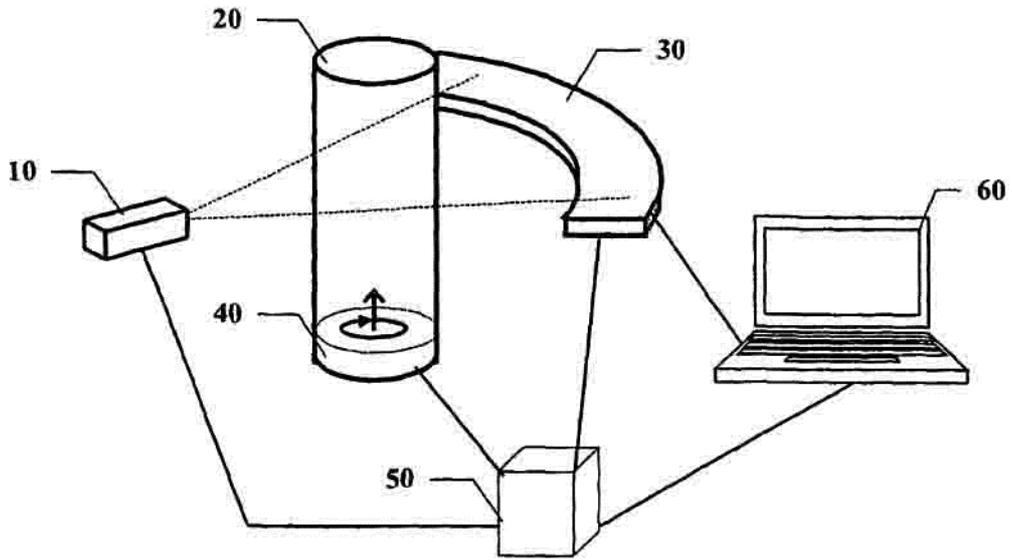


Fig. 1

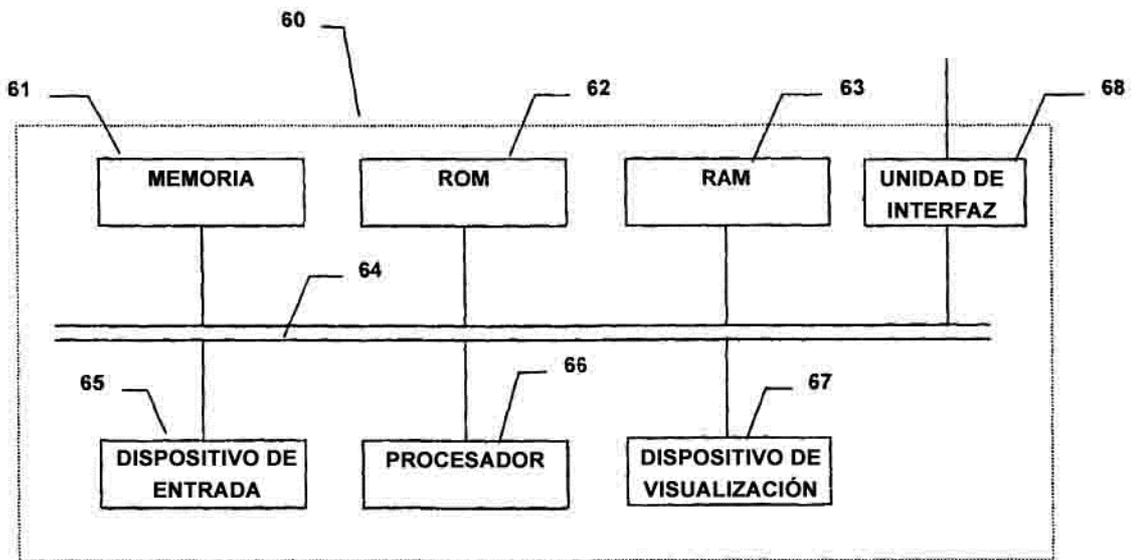


Fig. 2

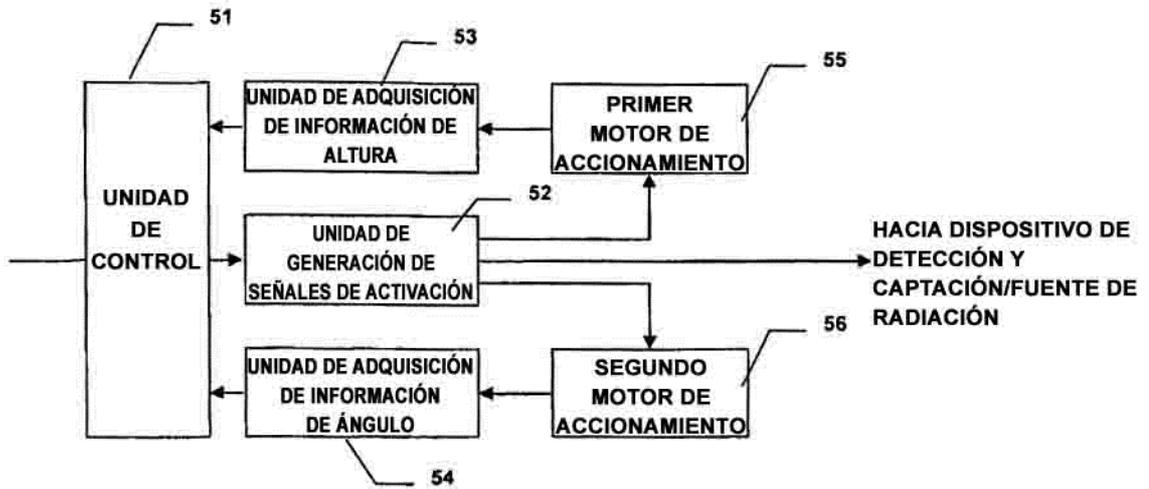


Fig. 3

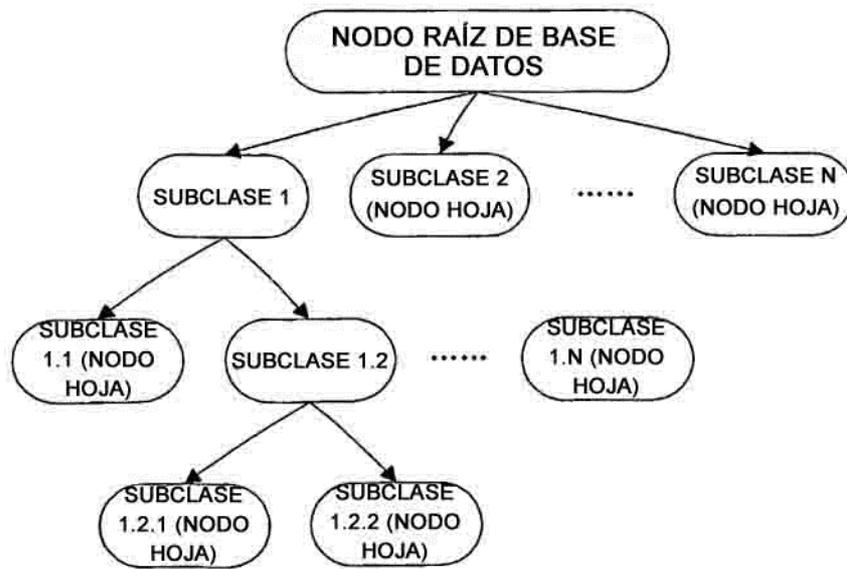


Fig. 4

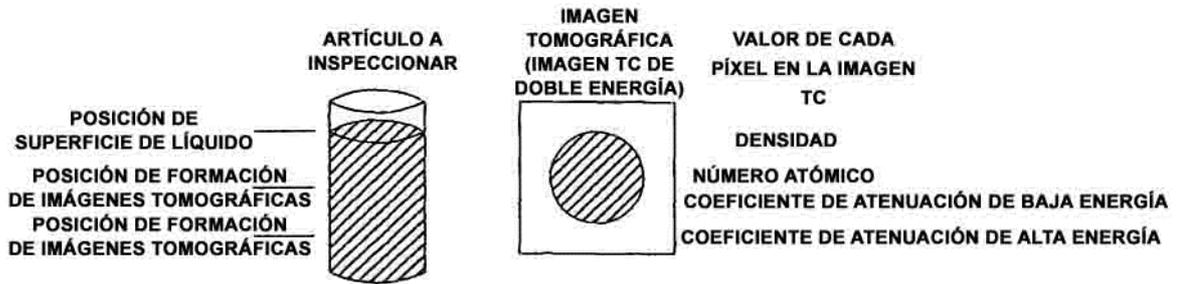


Fig. 5

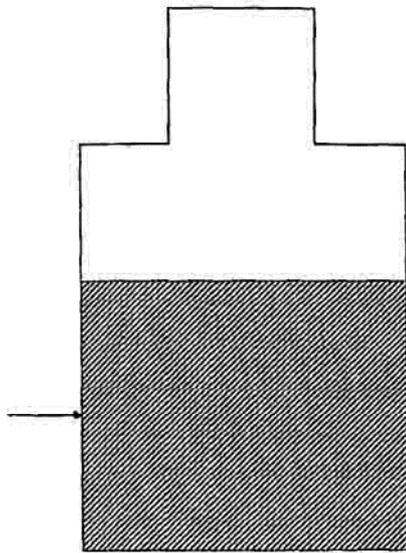


Fig. 6

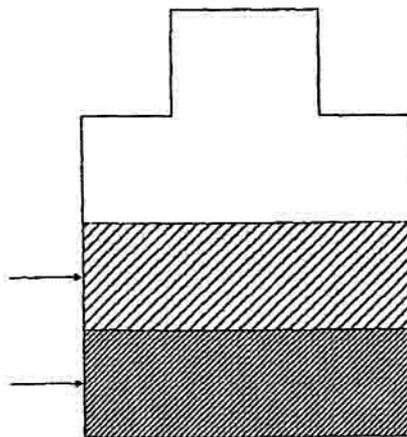


Fig. 7

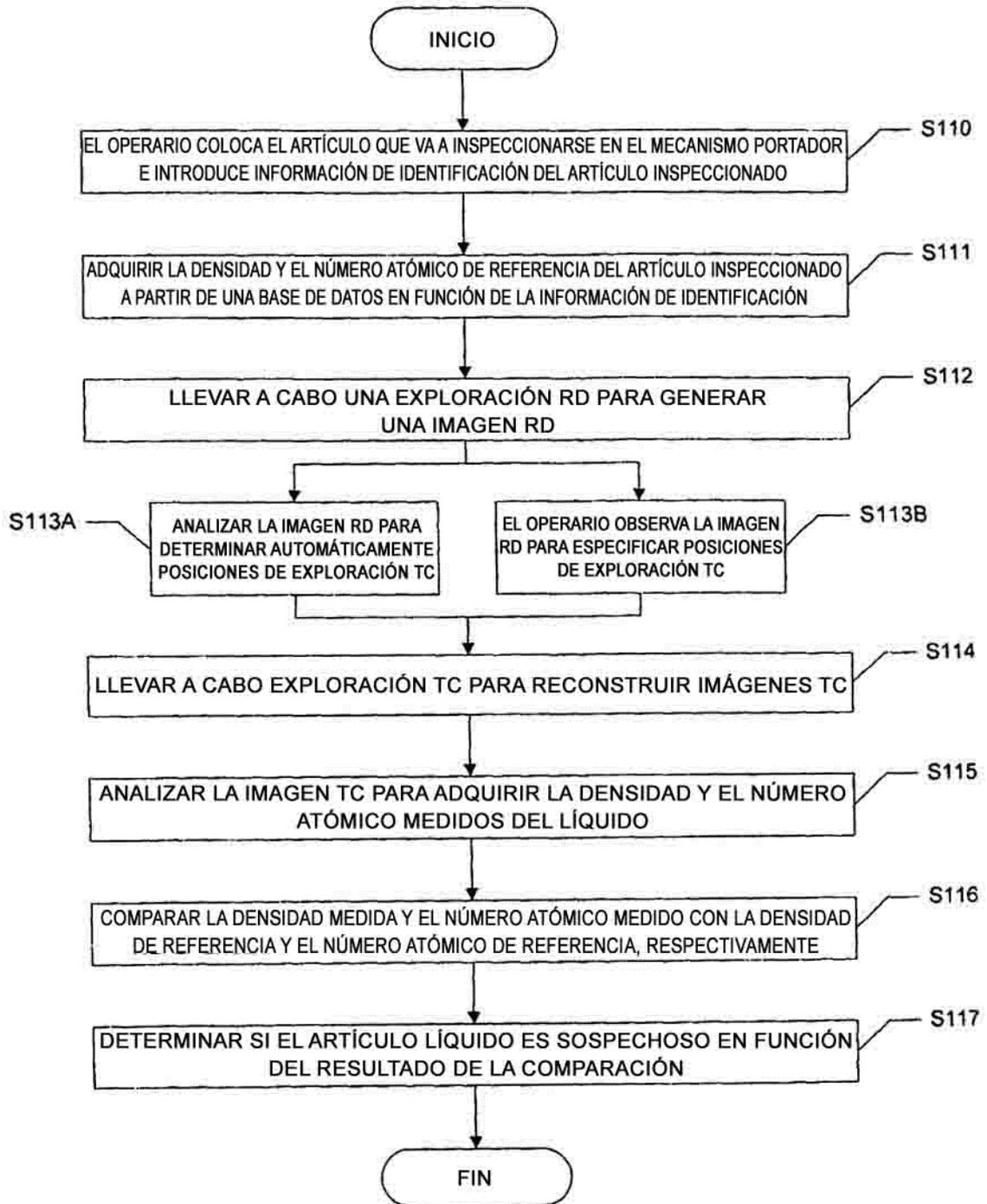


Fig. 8

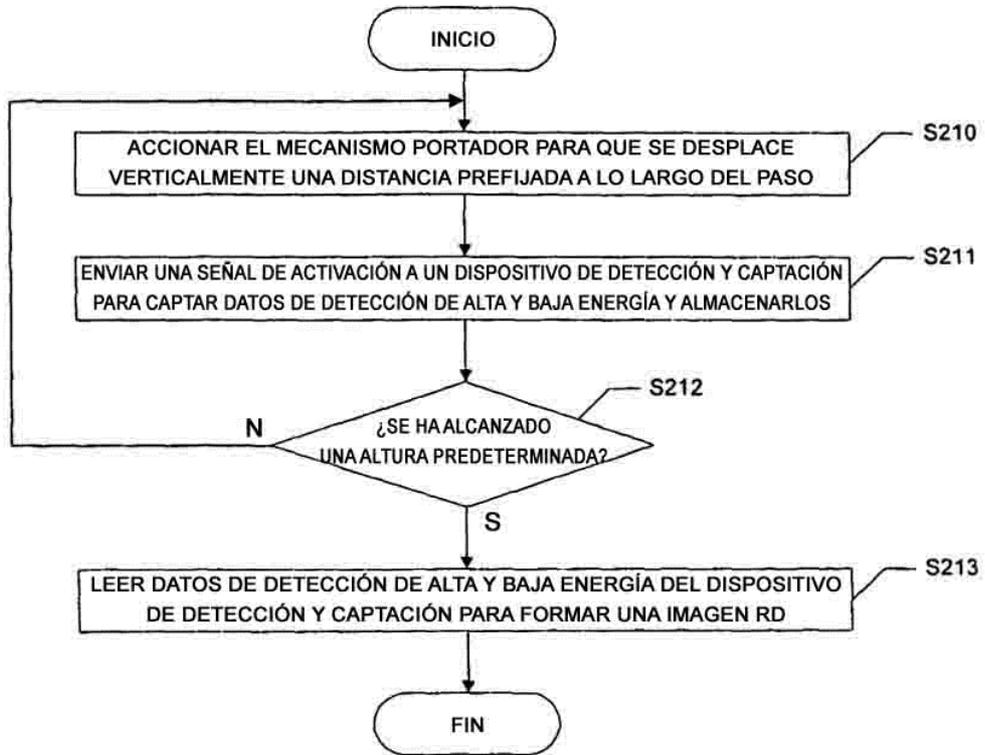


Fig. 9

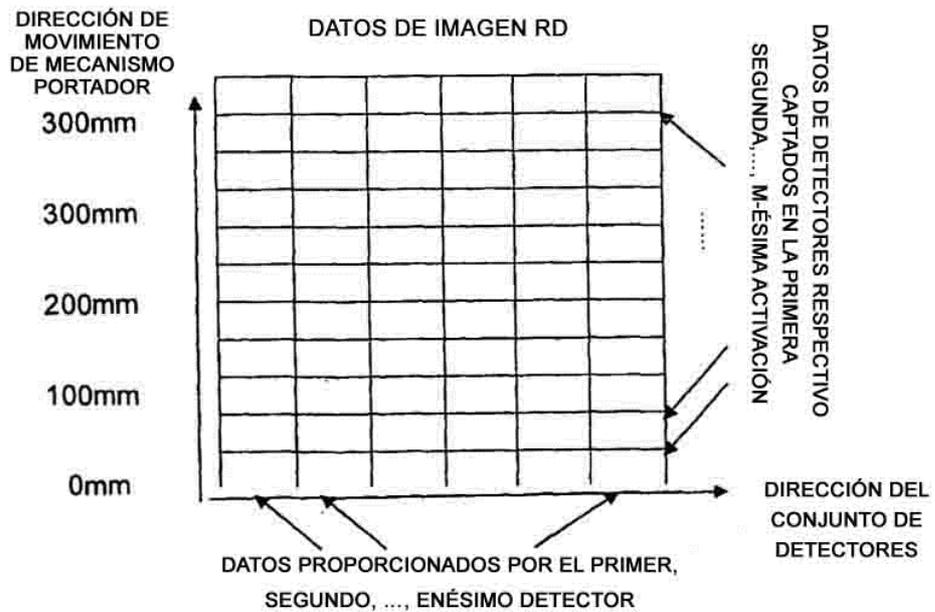


Fig. 10

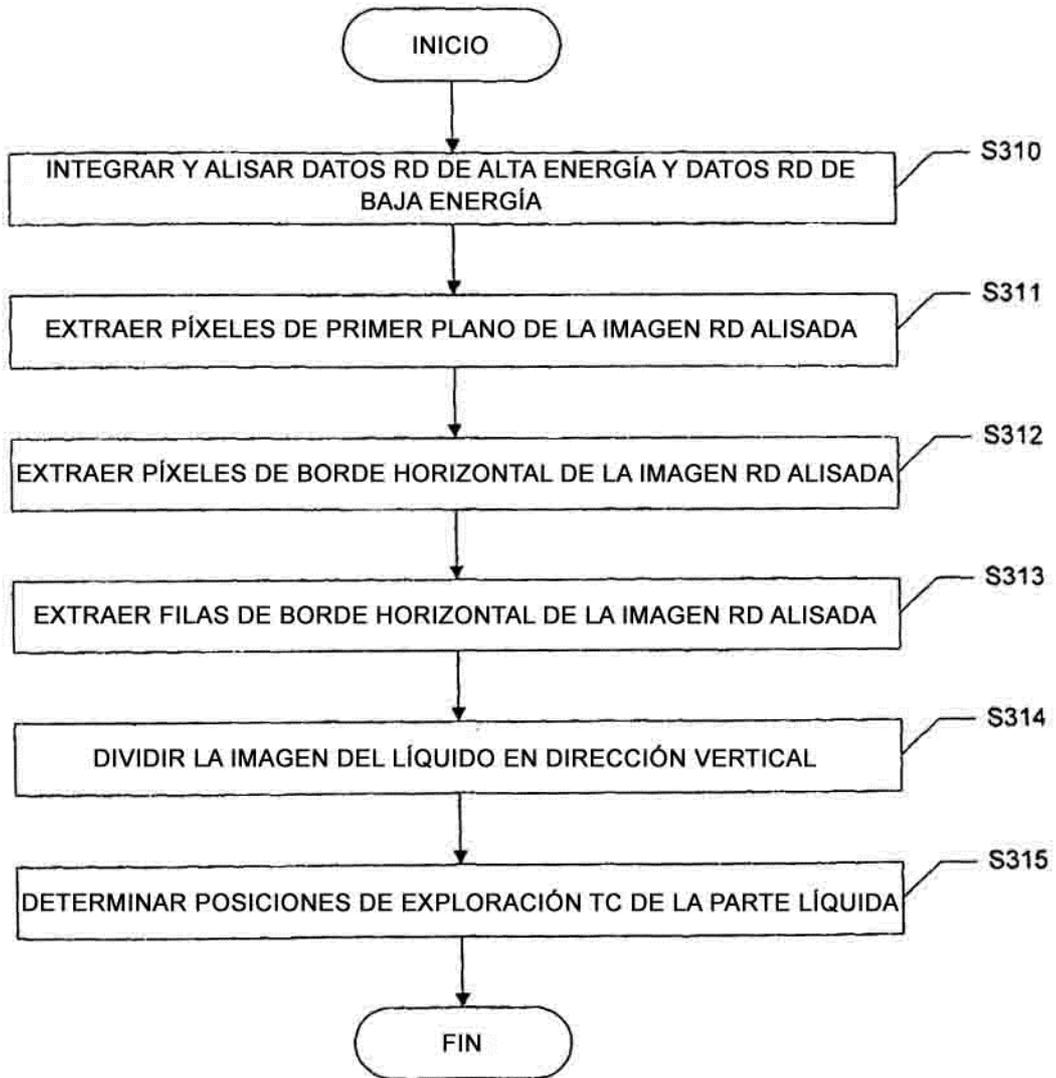


Fig. 11

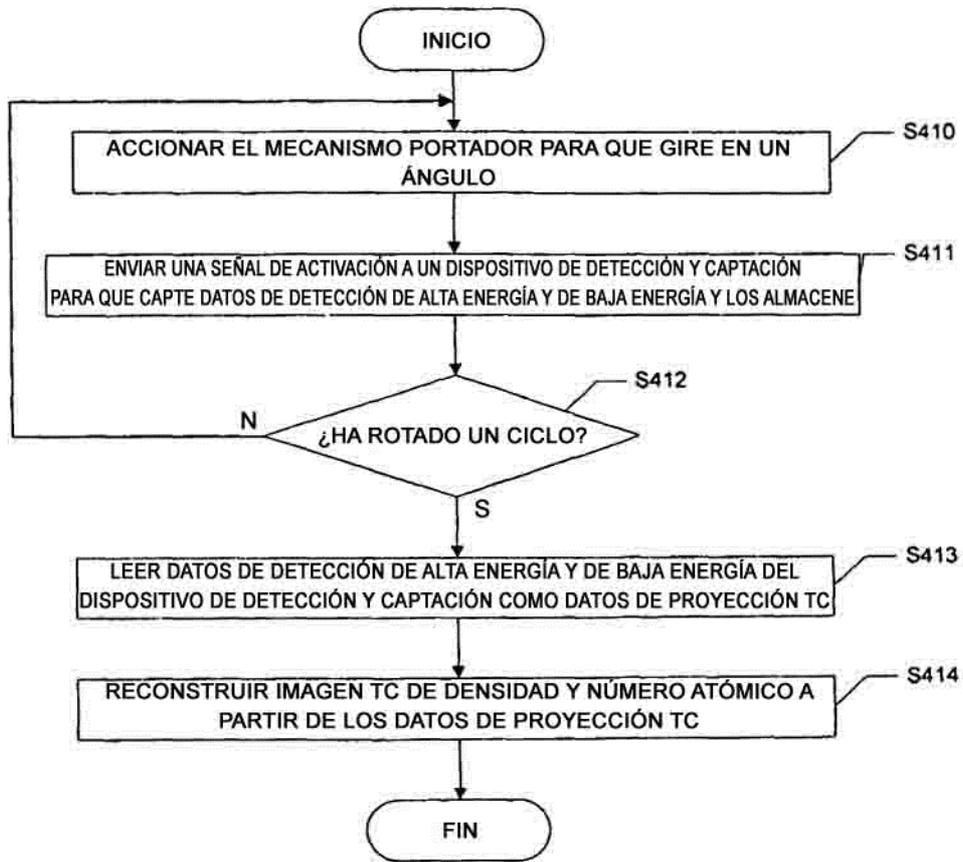


Fig. 12

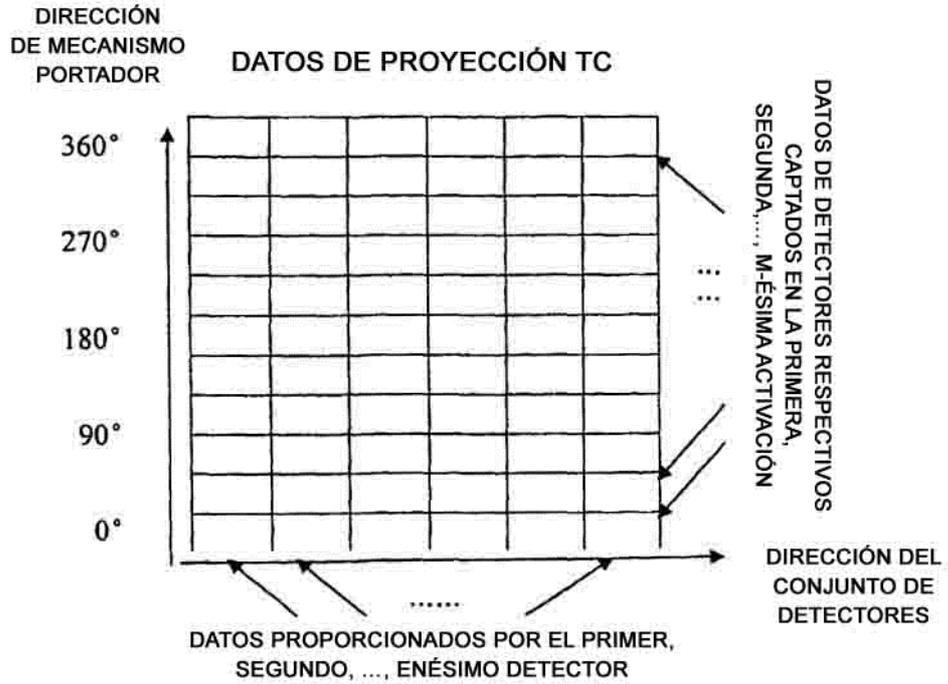


Fig. 13

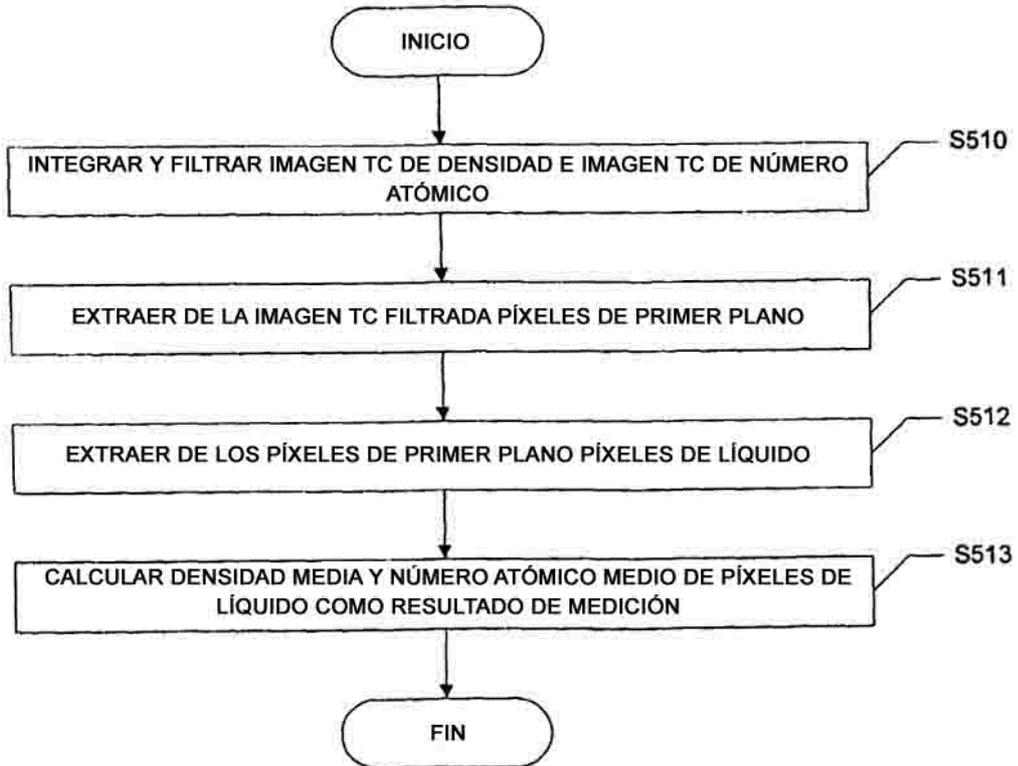


Fig. 14

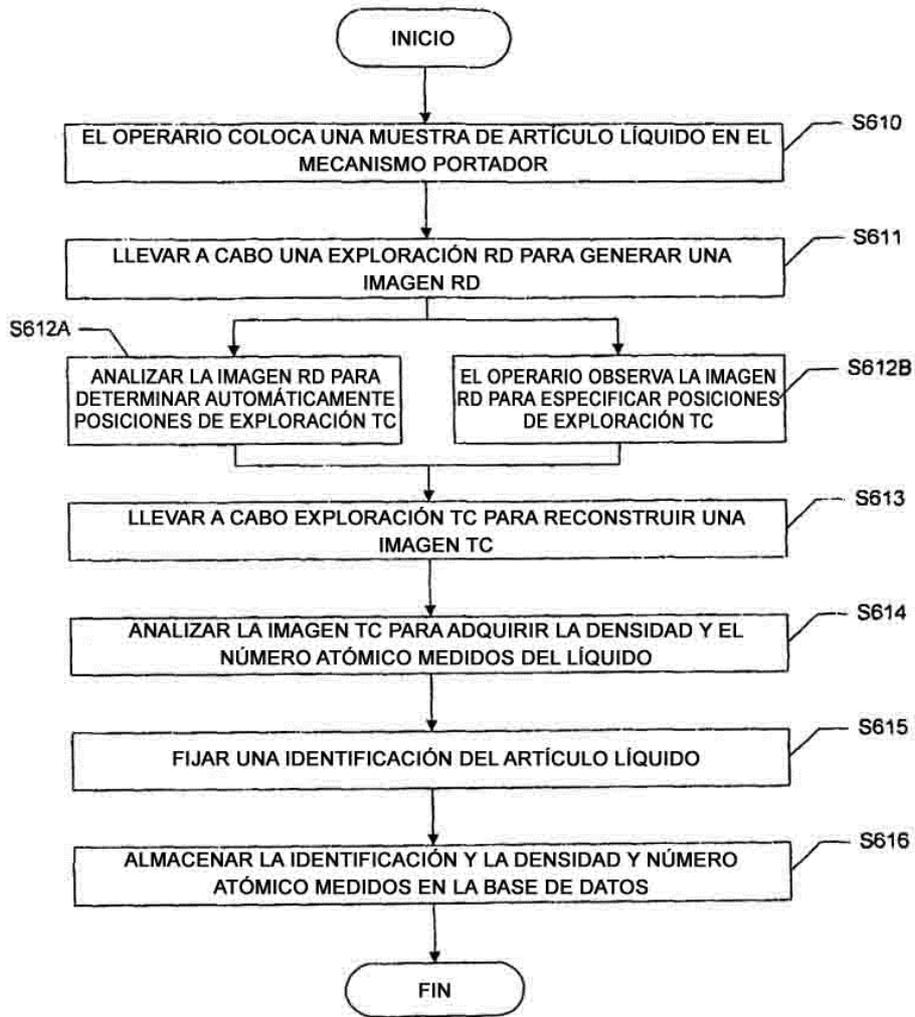


Fig. 15

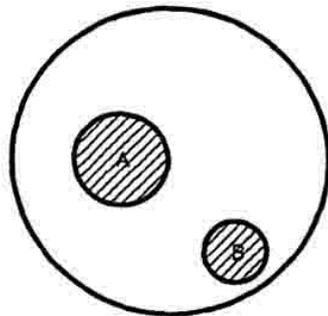


Fig. 16A

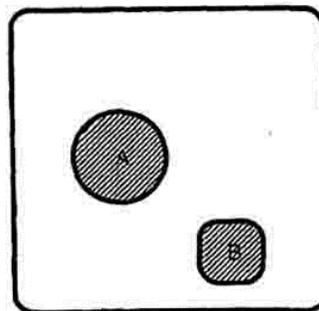


Fig. 16B

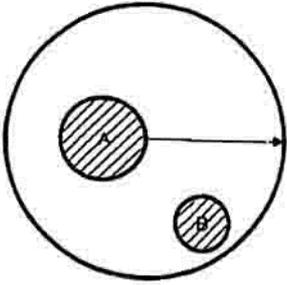


Fig. 17A

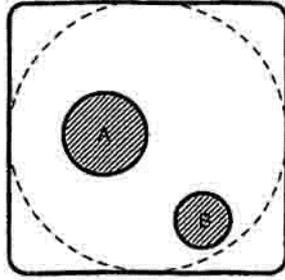


Fig. 17B

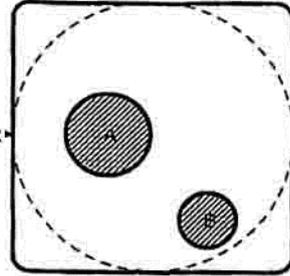


Fig. 17C

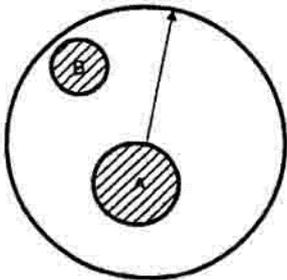


Fig. 17D

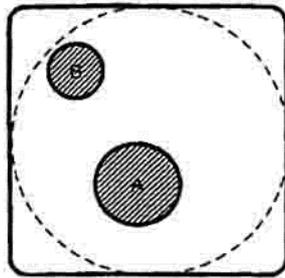


Fig. 17E

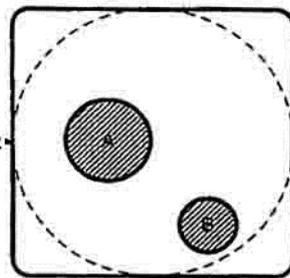


Fig. 17F

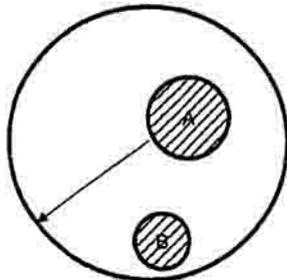


Fig. 17G

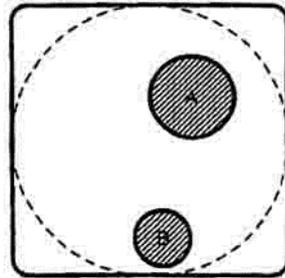


Fig. 17H

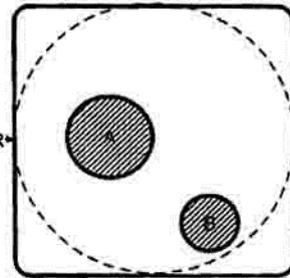


Fig. 17I

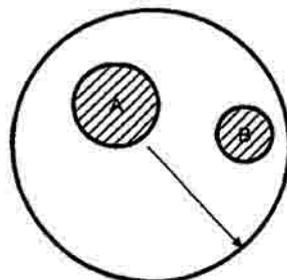


Fig. 17J

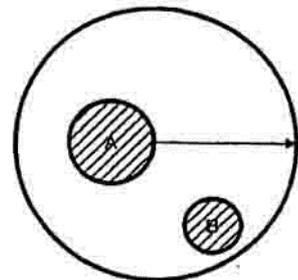


Fig. 17K

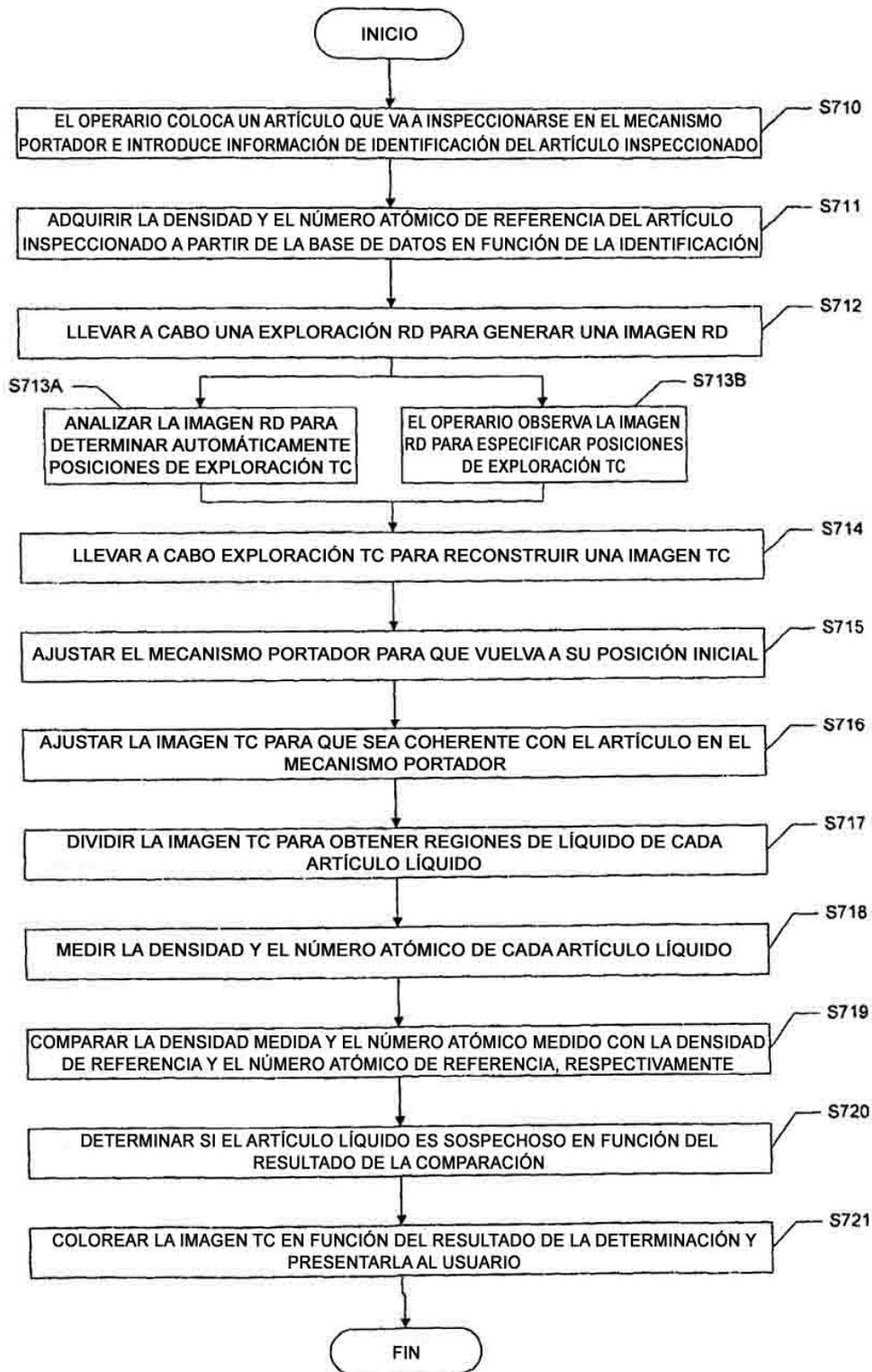


Fig. 18

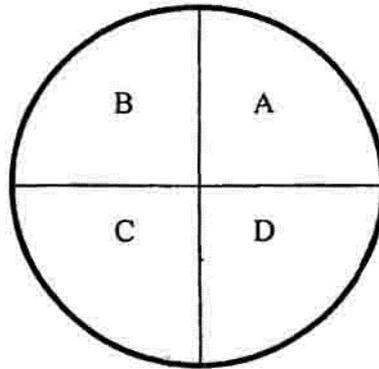


Fig. 19

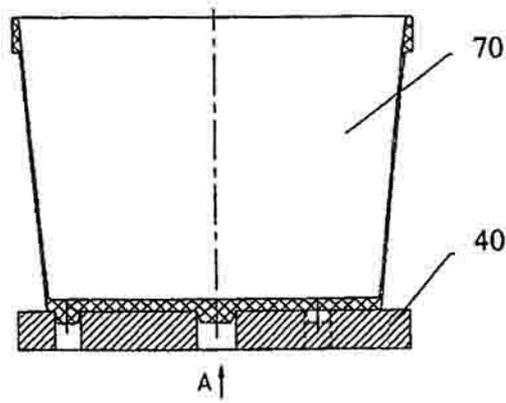


Fig. 20



Fig. 21

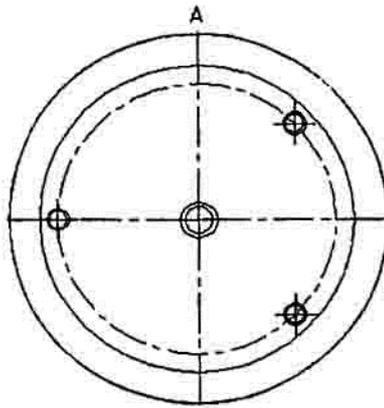


Fig. 22

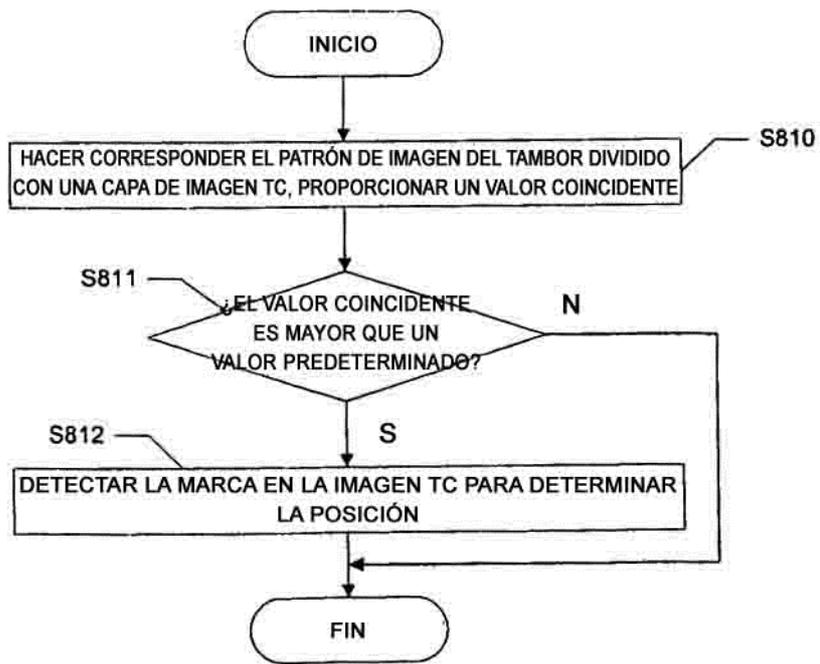
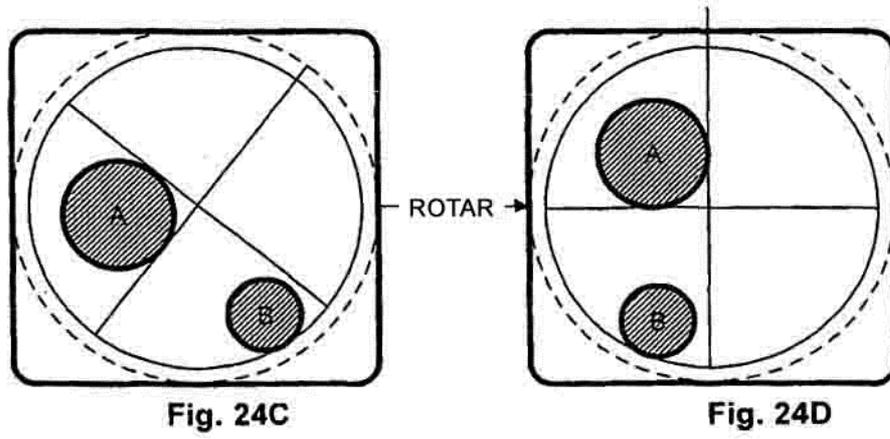
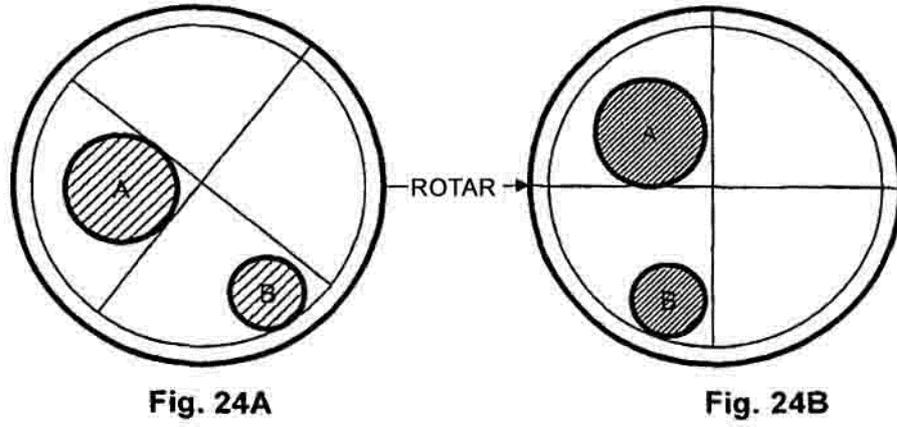


Fig. 23



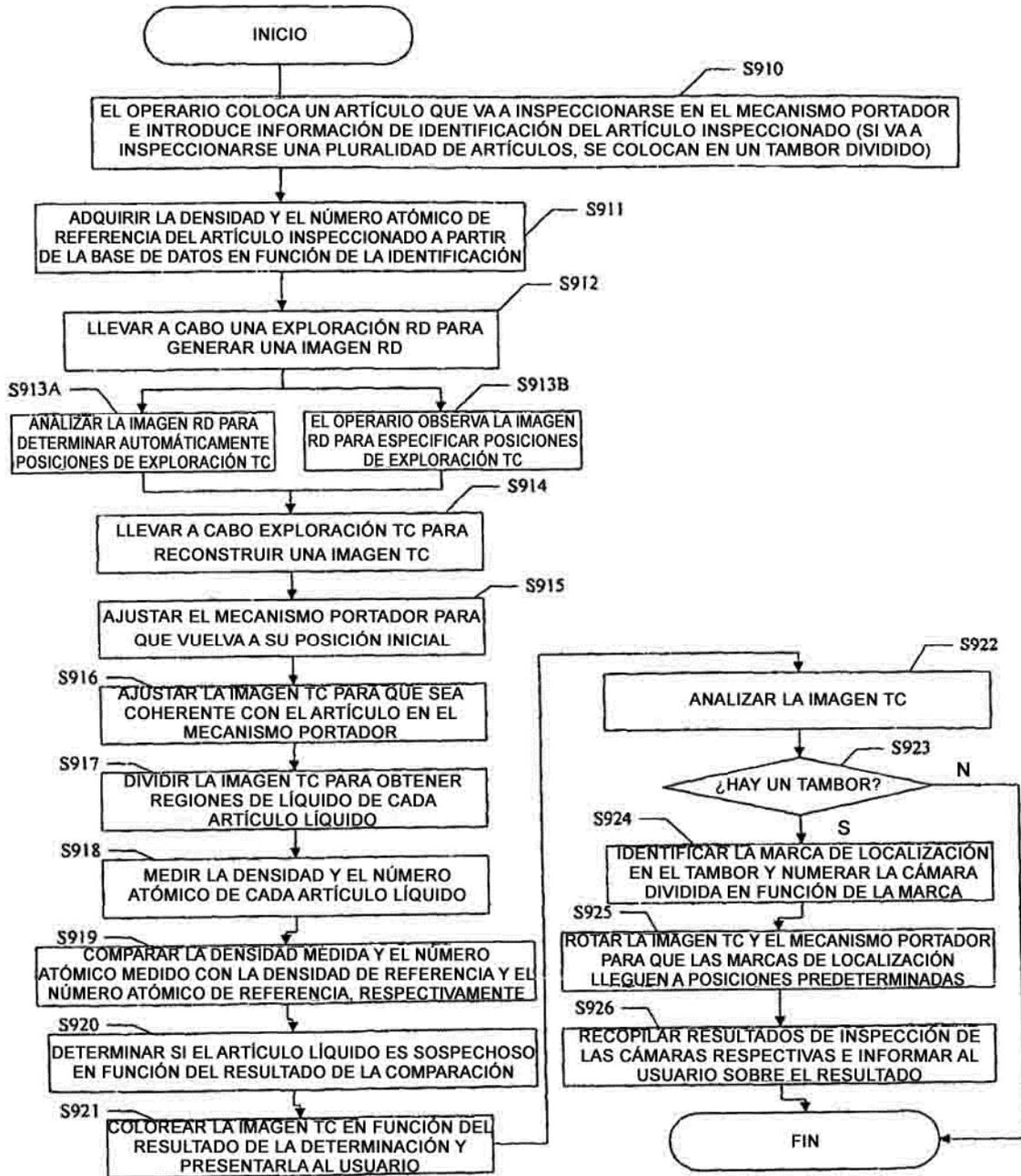


Fig. 25

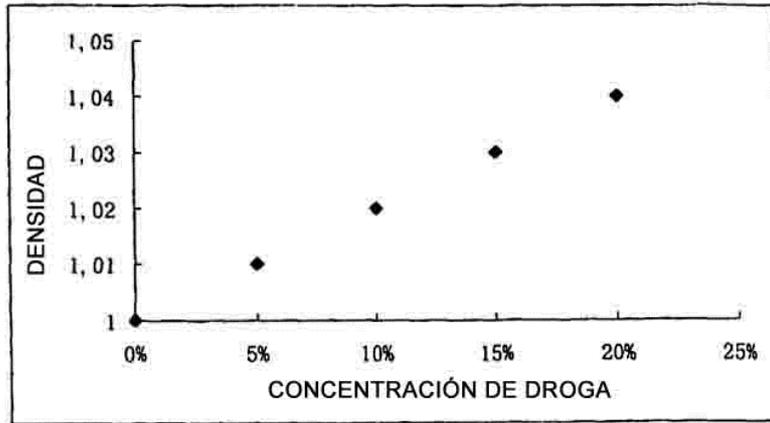


Fig. 26A

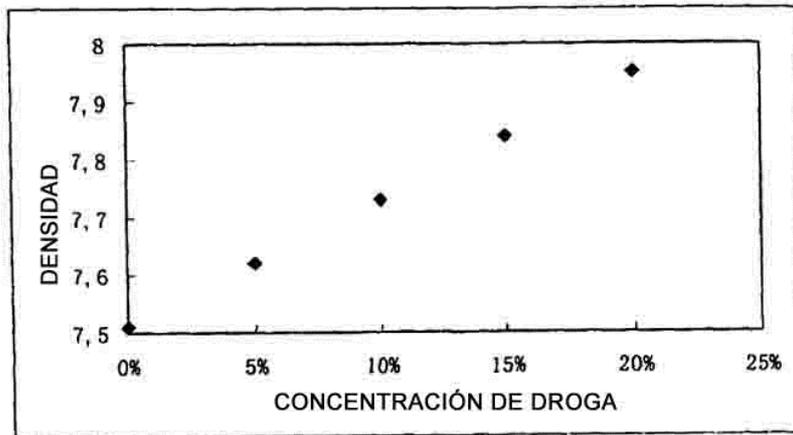


Fig. 26B

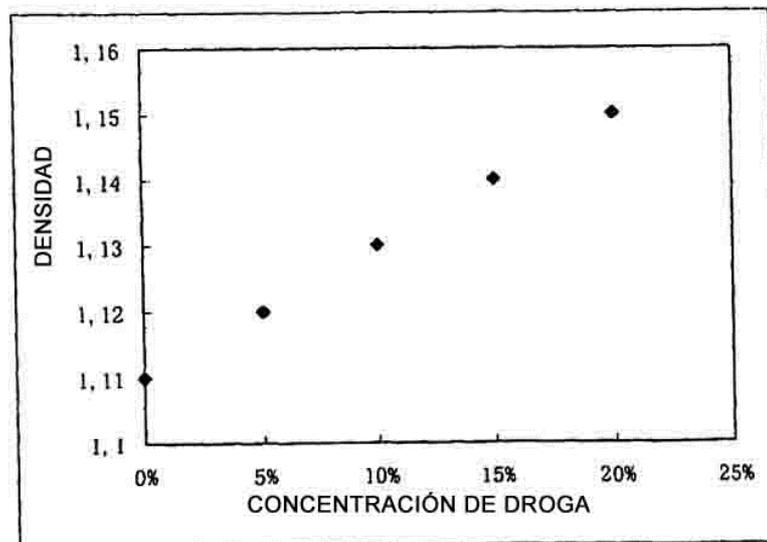


Fig. 26C

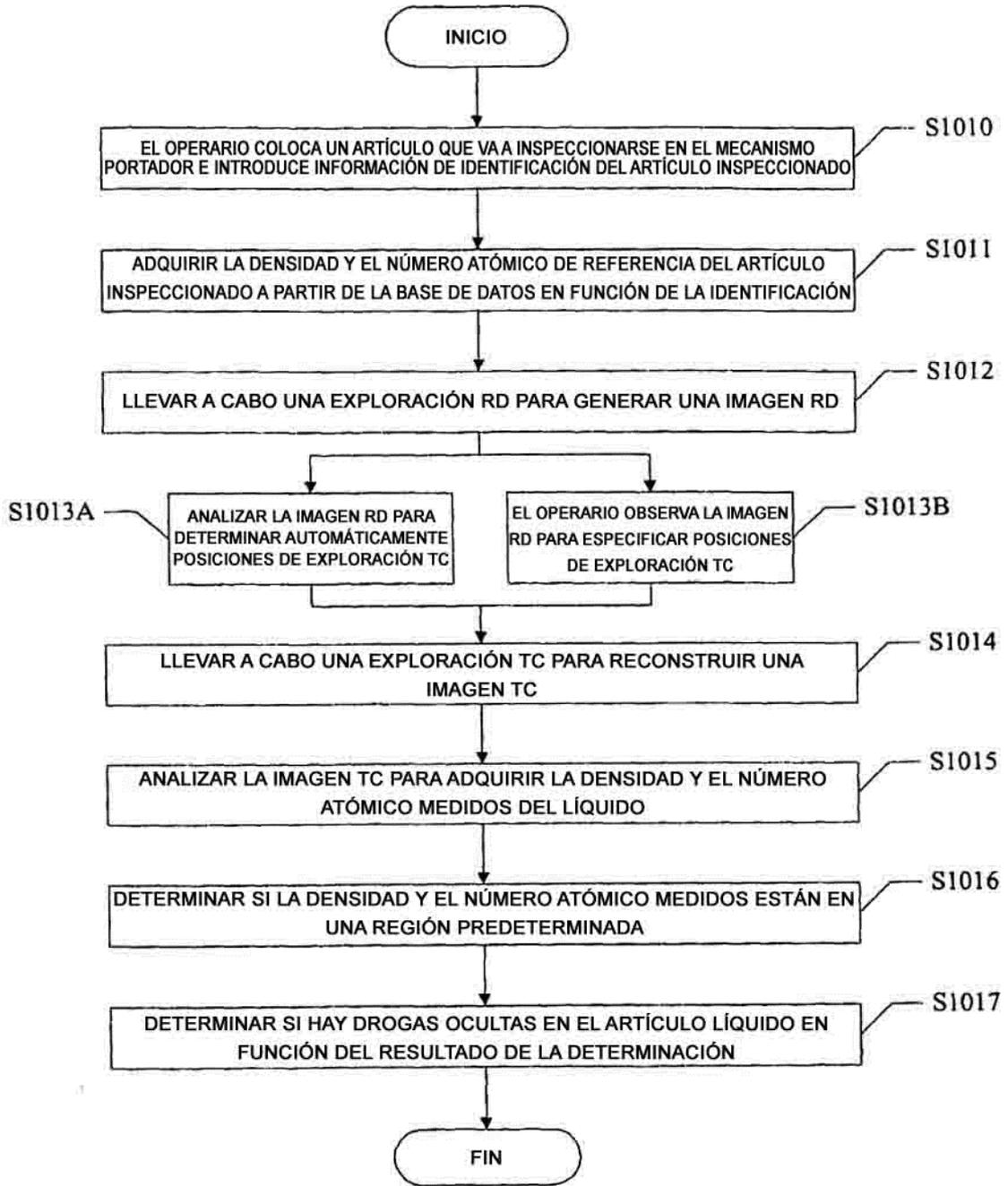


Fig. 27

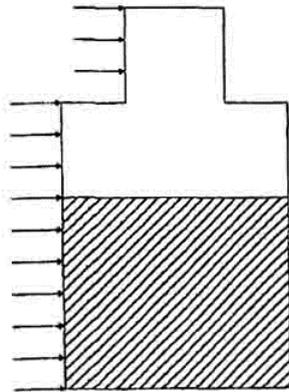


Fig. 28



Fig.29A

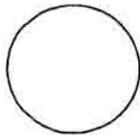


Fig.29B

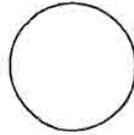


Fig.29C

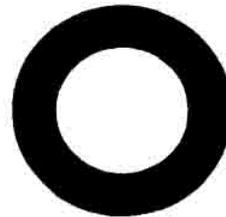


Fig.29D

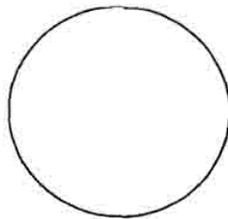


Fig.29E

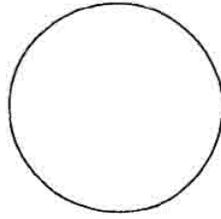


Fig.29F

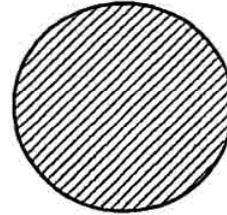


Fig.29G

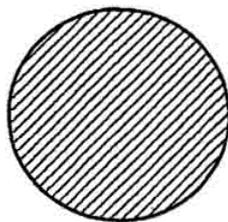


Fig.29H

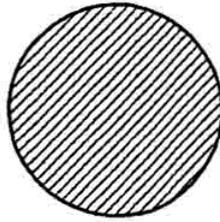


Fig.29I

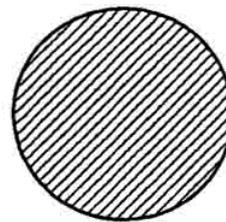


Fig.29J

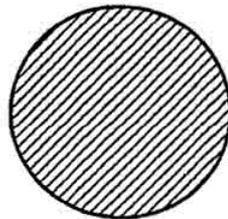


Fig.29K

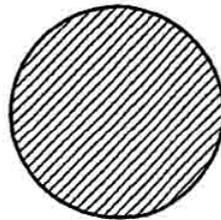


Fig.29L

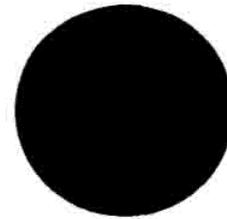


Fig.29M