

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 836 262**

51 Int. Cl.:

**G21G 1/00** (2006.01)

**G21F 5/015** (2006.01)

**B65B 3/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **29.12.2016 PCT/US2016/069203**

87 Fecha y número de publicación internacional: **07.06.2018 WO18101972**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.12.2016 E 16829207 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.11.2020 EP 3549143**

54 Título: **Sistemas y métodos para dispensar líquidos radiactivos**

30 Prioridad:

**30.11.2016 US 201615365279**

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

**24.06.2021**

73 Titular/es:

**CURIUM US LLC (100.0%)  
111 Westport Plaza, Suite 800  
St. Louis, MO 63146, US**

72 Inventor/es:

**GRAVES, KEVIN B.;  
PETROFSKY, BRYAN S.;  
MORTON, BRIAN J.;  
MURACZEWSKI, MATTHEW S.;  
LINDSKOG, LARS;  
IVERSON, STEPHEN C. y  
MARTINEZ, RAFAEL A.**

74 Agente/Representante:

**UNGRÍA LÓPEZ, Javier**

ES 2 836 262 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

Sistemas y métodos para dispensar líquidos radiactivos

### 5 **Campo**

El campo de la descripción se refiere en general a sistemas de manejo de líquidos y, más en concreto, a sistemas y métodos para dispensar volúmenes discretos de líquidos radiactivos.

### 10 **Antecedentes**

15 En medicina nuclear se emplea material radiactivo para fines de diagnóstico y terapéuticos inyectando al paciente una dosis pequeña del material radiactivo, que se concentra en ciertos órganos o zonas del paciente. Los materiales radiactivos generalmente usados para medicina nuclear incluyen germanio-68 ("Ge-68"), estroncio-87m, tecnecio-99m ("Tc-99m"), indio-111m ("In-111"), yodo-131 ("I-131") y talio-201.

20 En Estados Unidos, la producción de radiofármacos está regulada por las normas de buenas prácticas de fabricación actuales (cGMP) para radiofármacos para humanos. Durante la fabricación cGMP de radiofármacos (y otros), a veces es deseable dispensar exactamente volúmenes deseados en baja cantidad de sustancias peligrosas, tales como líquidos radiactivos, desde un recipiente fuente a un recipiente destino limpio. Por ejemplo, en la producción de radiofármacos usados en la formación de imágenes para diagnóstico, puede prepararse una cantidad relativamente grande del producto radiofarmacéutico en un vial fuente. En algunas aplicaciones, es deseable transferir el producto radiofarmacéutico desde el vial fuente a un vial relativamente limpio, por ejemplo, para llevarlo a un usuario final. Al menos algunos métodos conocidos de transferir líquido radiactivo desde un vial fuente a un vial destino proporcionan una exactitud y coherencia inferiores a las óptimas, y/o exponen el operador a la radiación nuclear.

25 Consiguientemente, se necesita un sistema de manejo de material radiactivo que proporcione mayor exactitud y precisión al transferir líquidos radiactivos, y que reduzca la exposición del operador a la radiación.

30 Esta sección de Antecedentes tiene la finalidad de presentar al lector varios aspectos de la técnica que pueden estar relacionados con varios aspectos de la presente descripción, que se describen y/o reivindican más adelante. Se considera que esta explicación es útil para proporcionar al lector información sobre la técnica anterior con el fin de facilitar una mejor comprensión de los varios aspectos de la presente descripción. Consiguientemente, se deberá entender que estas declaraciones se han de leer a esta luz, y no como admisiones de la técnica anterior.

### 35 **Breve resumen**

40 En un aspecto, un sistema para dispensar líquidos radiactivos incluye una cámara de contención de radiación incluyendo un recinto construido de un material de blindaje contra la radiación, y un aparato de dispensación de líquido dispuesto al menos parcialmente en el interior del recinto. El aparato de dispensación de líquido incluye un brazo de soporte rotativo alrededor de un eje de rotación, un actuador conectado operativamente al brazo de soporte y configurado para al menos uno de girar el brazo de soporte alrededor del eje de rotación y desplazar el brazo de soporte en una dirección paralela al eje de rotación, y un conjunto de pipeta montado en el brazo de soporte. El conjunto de pipeta incluye una punta de pipeta que define una abertura a través de la que se aspiran y dispensan líquidos, un pistón, y un motor paso a paso conectado operativamente al pistón para controlar el desplazamiento lineal del pistón.

50 En otro aspecto, un aparato para dispensar líquidos radiactivos incluye un brazo de soporte rotativo alrededor de un eje de rotación, un actuador conectado operativamente al brazo de soporte y configurado para al menos uno de girar el brazo de soporte alrededor del eje de rotación y desplazar el brazo de soporte en una dirección paralela al eje de rotación, y un conjunto de pipeta montado en el brazo de soporte. El conjunto de pipeta incluye una punta de pipeta que define una abertura a través de la que se aspiran y dispensan líquidos, un pistón, y un motor paso a paso conectado operativamente al pistón para controlar el desplazamiento lineal del pistón. El aparato carece de componentes electrónicos sensibles a la radiación.

60 En otro aspecto, se proporciona un método de dispensar líquido radiactivo usando un aparato dispensador incluyendo un conjunto de pipeta montado en un brazo rotativo de soporte. El conjunto de pipeta incluye una punta de pipeta, un pistón y un motor paso a paso conectado operativamente al pistón. El método incluye colocar el conjunto de pipeta sobre un primer vial usando el brazo de soporte, aspirar un volumen de líquido radiactivo de un primer vial desplazando el pistón en una primera dirección usando el motor paso a paso, girar el brazo de soporte para poner el conjunto de pipeta sobre un segundo vial, y dispensar al menos una parte del volumen de líquido radiactivo al segundo vial desplazando el pistón en una segunda dirección opuesta a la primera dirección usando el motor paso a paso.

65

Hay varios refinamientos de las características indicadas en relación a dichos aspectos. Otras características también pueden incorporarse en dichos aspectos. Estos refinamientos y características adicionales pueden existir individualmente o en cualquier combinación. Por ejemplo, varias características explicadas más adelante en relación a cualquiera de las realizaciones ilustradas pueden incorporarse a cualquiera de los aspectos antes descritos, solas o en cualquier combinación.

### Breve descripción de los dibujos

La figura 1 es una vista esquemática de un sistema para dispensar líquidos, tales como líquidos radiactivos.

La figura 2 es una vista en perspectiva de un aparato de dispensación de líquido incluido en el sistema de la figura 1.

La figura 3 es una vista ampliada de una parte del aparato de dispensación de líquido representado en la figura 2.

La figura 4 es una vista en perspectiva de un conjunto de pipeta incluido en el aparato de dispensación de líquido representado en la figura 2.

La figura 5 es una vista despiezada de un cuerpo de pipeta incluido en el conjunto de pipeta representado en la figura 4.

La figura 6 es una vista ampliada de una parte del conjunto de pipeta representado en la figura 4.

La figura 7 es una vista en perspectiva de dos conjuntos de vial incluidos en el aparato de dispensación de líquido representado en la figura 2.

La figura 8 es una vista lateral de uno de los conjuntos de vial representados en la figura 7.

La figura 9 es un diagrama de bloques de un controlador incluido en el sistema de la figura 1.

La figura 10 es un gráfico de una curva deseada ejemplar de volumen de transferencia/pasos de motor para el conjunto de pipeta representado en la figura 4.

Caracteres de referencia correspondientes indican partes correspondientes en las distintas vistas de los dibujos.

### Descripción detallada

Los sistemas y métodos ejemplares de la presente descripción facilitan la dispensación de pequeños volúmenes de líquidos (por ejemplo, de 0,1 microlitros ( $\mu\text{l}$ ) hasta 10 mililitros (ml)), eliminando al mismo tiempo el error humano típicamente asociado con la dispensación manual. Las realizaciones de esta descripción son especialmente adecuadas para dispensar pequeños volúmenes de líquidos radiactivos, y facilitan la dispensación de tales líquidos de forma segura, limpia, exacta y precisa. En particular, las realizaciones de la presente descripción facilitan la automatización de la transferencia de líquidos radiactivos desde un vial fuente a un vial destino evitando al mismo tiempo o minimizando la exposición a la radiación de las extremidades o de todo el cuerpo del operador.

La figura 1 es una vista esquemática de un sistema para dispensar líquidos, indicado en general con el número de referencia 100. Aunque el sistema 100 se describe en este documento con referencia a la dispensación y transferencia de líquidos radiactivos, el sistema no se limita a dispensar líquidos radiactivos y puede ser usado para dispensar, transferir o manejar de otro modo otros líquidos. El sistema 100 incluye en general un aparato de dispensación de líquido 102 encerrado dentro del interior de una cámara blindada de contención de radiación nuclear 104, también denominada aquí una "celda caliente", y un dispositivo informático o controlador 106 conectado al aparato de dispensación de líquido 102 por un enlace de comunicación adecuado (por ejemplo, una conexión por cable). El aparato de dispensación de líquido 102 y el controlador 106 están conectados a una fuente de alimentación adecuada. Las fuentes de alimentación adecuadas incluyen, por ejemplo y sin limitación, una fuente de alimentación de 120V CA. Como se describe mejor en este documento, el aparato de dispensación de líquido 102 está configurado para transferir cantidades exactas de líquidos radiactivos desde un vial a otro vial en respuesta a señales de control recibidas del controlador 106.

El aparato de dispensación de líquido 102 está encerrado dentro de la cámara de contención 104 para protección de los operadores y de los componentes electrónicos sensibles a la radiación del controlador 106 contra la radiación nuclear emitida por materiales radiactivos dentro de la cámara de contención 104. La cámara de contención 104 incluye generalmente un recinto 108 construido de material de blindaje a la radiación nuclear diseñado para la protección del entorno circundante contra la radiación nuclear. El recinto define el interior en el que el aparato de dispensación de líquido está colocado. Los materiales de blindaje adecuados a partir de los que se puede construir la cámara de contención 104 incluyen, por ejemplo y sin limitación, plomo, uranio empobrecido y tungsteno. En algunas realizaciones, la cámara de contención 104 está construida por paredes de plomo con recubrimiento de acero formando un cuboide o prisma rectangular. Además, en algunas realizaciones, la cámara de contención 104

puede incluir una ventana de visión construida de un material de blindaje transparente. Los materiales adecuados de los que se pueden construir las ventanas de visión incluyen, por ejemplo y sin limitación, vidrio de plomo.

5 Con referencia adicional a la figura 2, el aparato de dispensación de líquido 102 incluye generalmente un conjunto de pipeta 202 montado en un bastidor de soporte 204, un vial fuente 206 (generalmente, un primer vial), un vial destino 208 (generalmente, un segundo vial), y un actuador de movimiento doble 210 conectado operativamente al conjunto de pipeta 202 para colocar el conjunto de pipeta 202 con relación al vial fuente 206 y el vial destino 208.

10 En la realización ilustrada, el bastidor de soporte 204 incluye una base 212, una columna 214 que se extiende verticalmente hacia arriba de la base 212, y un brazo de soporte 216 montado rotativamente en la parte superior de la columna 214 para rotación alrededor de un eje de rotación 218.

15 La columna 214 tiene una construcción tubular que define el interior 220 de la base de soporte 212. En la realización ejemplar, el actuador de movimiento doble 210 está colocado dentro del interior 220 de la columna 214.

20 El brazo de soporte 216 está montado en la parte superior de la columna 214, y está configurado para girar alrededor del eje de rotación 218 bajo el control del actuador de movimiento doble 210. Más específicamente, como se representa en la figura 3, el brazo de soporte 216 está conectado operativamente al actuador de movimiento doble 210 en la parte superior de la columna 214 por un accesorio de compresión (por ejemplo, un agujero maquinado que se extiende a través del brazo de soporte 216), un tornillo de fijación 302, y una tuerca de bloqueo 304. En otras realizaciones, el brazo de soporte 216 puede estar conectado operativamente al actuador de movimiento doble 210 por cualesquiera otros medios de conexión adecuados que permitan que el aparato de dispensación de líquido 102 funcione como se describe en este documento.

25 El brazo de soporte 216 se extiende radialmente hacia fuera de la parte superior de la columna 214 a extremos opuestos primero y segundo 222, 224. El conjunto de pipeta 202 está conectado al brazo de soporte 216 en el primer extremo 222. En la realización ejemplar, el brazo de soporte 216 también incluye un contrapeso o contrabalance 226 conectado en el segundo extremo 224 del brazo de soporte 216 para mantener el brazo de soporte 216 en una orientación horizontal y facilitar la rotación suave alrededor del eje de rotación 218.

30 Los componentes del bastidor de soporte 204, incluyendo, aunque sin limitación, la base 212, la columna 214 y el brazo de soporte 216, se pueden construir de materiales que tienen una alta tolerancia a la radiación gamma y beta. Los materiales adecuados a partir de los que se pueden construir los componentes del bastidor de soporte 204 incluyen, por ejemplo y sin limitación, acrílico, cloruro de polivinilo (PVC) y policarbonato. "Alta tolerancia a la radiación gamma y beta" quiere decir que el material puede resistir una dosis de al menos 40000 Gy (4 Mrads de radiación sin experimentar daño significativo. El acrílico experimenta daño significativo a una dosis de radiación de aproximadamente 50000 Gy (5 Mrads), el PVC experimenta daño significativo a una dosis de radiación de aproximadamente 0,5 a 1 MGy (50 a 100 Mrads) y el policarbonato experimenta daño significativo a una dosis de radiación superior a 1 MGy (100 Mrads).

35 El actuador de movimiento doble 210 está configurado para controlar una posición vertical y rotacional del brazo de soporte 216 y, en consecuencia, una posición vertical y rotacional del conjunto de pipeta 202. Más específicamente, el actuador de movimiento doble 210 está configurado para girar el brazo de soporte 216 alrededor del eje de rotación 218, y para desplazar (por ejemplo, subir y bajar) el brazo de soporte 216 en una dirección paralela al eje de rotación 218 (es decir, una dirección vertical).

40 En la realización ejemplar, el actuador de movimiento doble 210 incluye un primer motor paso a paso 110 (representado en la figura 1) que controla la rotación del brazo de soporte 216, y un segundo motor paso a paso 112 (representado en la figura 1) que controla la posición vertical del brazo de soporte 216 y, en consecuencia, la posición vertical del conjunto de pipeta 202. En la realización ejemplar, el primer motor paso a paso 110 está conectado operativamente al brazo de soporte 216 mediante un eje rotativo 114 que sobresale de una parte superior de la columna 214. El eje rotativo 114 se recibe dentro del accesorio de compresión y fija al brazo de soporte 216 con el tornillo de fijación 302 y la tuerca de bloqueo 304. La operación del primer motor paso a paso 110 hace que el eje 114 gire, y por ello, gire el brazo de soporte 216 alrededor del eje de rotación 218. El segundo motor paso a paso 112 está conectado operativamente al brazo de soporte 216 (por ejemplo, mediante el eje rotativo 114). Además, el segundo motor paso a paso 112 está conectado al brazo de soporte 216 a través de un actuador lineal (no representado) de tal manera que la operación del segundo motor paso a paso 112 suba y baje el brazo de soporte 216 (y, en consecuencia, el conjunto de pipeta 202). En algunas realizaciones, el eje 114 está conectado al primer motor paso a paso 110 por una junta de chaveta para permitir que el eje 114 mantenga el enganche con el primer motor paso a paso 110 siendo subido y bajado al mismo tiempo por el segundo motor paso a paso 112. La dirección rotacional y la velocidad de los motores paso a paso primero y segundo 110, 112 son controladas por el controlador 106 de tal manera que el actuador de movimiento doble 210 controle selectivamente una posición rotacional y una altura vertical del brazo de soporte 216 y el conjunto de pipeta 202.

65 Los motores paso a paso primero y segundo 110, 112 pueden tener cualquier construcción adecuada de motor paso a paso que permita que el aparato de dispensación de líquido 102 funcione como se describe en este documento.

Generalmente, cada uno de los motores paso a paso primero y segundo 110, 112 incluye una pluralidad de devanados o bobinas de motor y un rotor que gira en respuesta a que los devanados de motor sean energizados secuencialmente. La rotación del rotor tiene lugar en pasos o distancias angulares discretos, iguales, correspondiendo el número de pasos generalmente al número de veces que los devanados del motor son energizados. De esta forma, los motores paso a paso primero y segundo 110, 112 pueden girarse y/o mantenerse en una posición deseada sin el uso de sensores de realimentación de posición. En la realización ejemplar, los motores paso a paso primero y segundo 110, 112 no incluyen componentes electrónicos, tal como sensores de realimentación de posición (por ejemplo, resolutores, codificadores, o sensores ópticos). Un ejemplo de un actuador adecuado idóneo para uso como los motores paso a paso primero y/o segundo 110, 112 incluye el actuador lineal de movimiento doble Haydon™ modelo LR43MH4R-2.33-940, que se puede obtener de Haydon Kerk Motion Solutions.

El conjunto de pipeta 202 está dispuesto en el primer extremo 222 del brazo de soporte 216, que está conectado operativamente al actuador de movimiento doble 210. La altura vertical y la posición rotacional del brazo de soporte 216 y, en consecuencia, el conjunto de pipeta 202, son controlados por la operación del actuador de movimiento doble 210. De esta forma, el conjunto de pipeta 202 se puede girar a diferentes posiciones rotacionales con relación al eje de rotación 218, por ejemplo, por encima del vial fuente 206, por encima del vial destino 208, o en una posición inicial entre los viales fuente y destino 206, 208. Además, el conjunto de pipeta 202 puede subirse y bajarse con relación al vial fuente 206 y el vial destino 208.

Con referencia adicional a la figura 4, el conjunto de pipeta 202 está configurado para aspirar y dispensar volúmenes discretos de líquido para efectuar la transferencia de líquido entre el vial fuente 206 y el vial destino 208. El conjunto de pipeta 202 incluye un cuerpo de pipeta 402, una punta de pipeta 404 conectada al cuerpo de pipeta 402, y un actuador lineal 406 conectado operativamente al cuerpo de pipeta 402.

La figura 5 es una vista despiezada del cuerpo de pipeta 402. Como se representa en la figura 5, el cuerpo de pipeta 402 incluye un pistón o émbolo 502 que alterna dentro de una cámara de pistón 504 definida por un alojamiento de pistón 506 del cuerpo de pipeta 402. El pistón 502 incluye una junta estanca anular 508 que efectúa sellado contra una pared lateral cilíndrica 510 del alojamiento de pistón 506 para evitar que el fluido pase por el pistón 502. El movimiento lineal del pistón 502 dentro de la cámara de pistón 504 genera presiones diferenciales que permiten que los líquidos sean aspirados y dispensados desde la punta de pipeta 404.

En la realización ejemplar, el cuerpo de pipeta 402 también incluye una guía de pistón 512, un montaje de pistón 514, y un muelle 516 conectado entre la guía de pistón 512 y el montaje de pistón 514. La guía de pistón 512 engancha un vástago 518 del pistón 502 para mantener la alineación del pistón 502 dentro de la cámara de pistón 504. La guía de pistón 512 está conectada a un primer extremo 520 del alojamiento de pistón 506 por un mecanismo de sujeción adecuado, tal como una conexión roscada. El montaje de pistón 514 está conectado operativamente al pistón 502 (por ejemplo, mediante el vástago de pistón 518), y es accesible desde fuera del cuerpo de pipeta 402 para permitir la manipulación del pistón 502. El muelle 516 está comprimido entre el montaje de pistón 514 y la guía de pistón 512, y empuja el montaje de pistón 514 y el pistón 502 hacia una posición completamente retirada. Los ejemplos de cuerpos de pipeta adecuados comercialmente disponibles para uso con el aparato de dispensación de líquido 102 incluyen, sin limitación, el cuerpo de pipeta de una pipeta manual Eppendorf Reference® 2, comercializada por Eppendorf AG, Alemania.

La punta de pipeta 404 está conectada de forma desmontable a un segundo extremo inferior 522 del alojamiento de pistón 506, y define un volumen interior 408 que está en comunicación de fluido con la cámara de pistón 504. La punta de pipeta 404 incluye un primer extremo de conexión 410 conectado al extremo inferior 522 del alojamiento de pistón 506, y un segundo extremo 412 distal del primer extremo 410 que define una abertura 414 a través de la que los líquidos son aspirados y/o dispensados. En la realización ejemplar, la punta de pipeta 404 tiene forma cónica de tal manera que la sección transversal de la punta de pipeta 404 disminuye gradualmente y de forma continua desde el primer extremo 410 al segundo extremo 412 de la punta de pipeta 404. En algunas realizaciones, la punta de pipeta 404 está diseñada para disponerse siguiendo uno o varios procesos de transferencia de líquido descritos en este documento.

El cuerpo de pipeta 402 y/o la punta de pipeta 404 pueden intercambiarse con otros cuerpos de pipeta y puntas de pipeta para variar la capacidad de dispensación del aparato de dispensación de líquido 102. En algunas realizaciones, por ejemplo, las capacidades del cuerpo de pipeta 402 y la punta de pipeta 404 son tales que el aparato de dispensación de líquido 102 puede regularse (por ejemplo, usando el controlador 106) para administrar exactamente (es decir, aspirar y/o dispensar con una sola carrera del pistón) volúmenes de líquido de 100 µl hasta 5.000 µl, por ejemplo, de 500 µl hasta 5.000 µl. En otras realizaciones, las capacidades del cuerpo de pipeta 402 y la punta de pipeta 404 son tales que el aparato de dispensación de líquido 102 puede regularse para distribuir volúmenes de líquido de sólo 0,1 µl y tan altos como 10 ml.

El actuador lineal 406 está conectado al cuerpo de pipeta 402, y está configurado para controlar el desplazamiento lineal del pistón 502 dentro de la cámara de pistón 504 para controlar un volumen de líquido aspirado y/o dispensado por el conjunto de pipeta 202. En la realización ejemplar, el actuador lineal 406 incluye un tercer motor paso a paso 416 que mueve una varilla 602 (representada en la figura 6) a lo largo de un recorrido lineal mediante un mecanismo

de articulación (no representado) que convierte el movimiento rotacional del motor a movimiento lineal. Los mecanismos de articulación adecuados para conectar el tercer motor paso a paso 416 a la varilla 602 incluyen, por ejemplo y sin limitación, conjuntos de cremallera y piñón y conjuntos de tornillo de avance. El tercer motor paso a paso 416 puede tener cualquier configuración de motor paso a paso adecuada que permita que el aparato de dispensación de líquido 102 funcione como se describe en este documento. Por ejemplo, el tercer motor paso a paso 416 puede tener la misma configuración que el primer motor paso a paso 110 y/o el segundo motor paso a paso 112.

El actuador lineal 406 está conectado operativamente al pistón 502 mediante la varilla 602. En particular, como se representa en la figura 6, la varilla 602 sobresale de un extremo inferior 604 del actuador lineal 406 y engancha el montaje de pistón 514. La operación del tercer motor paso a paso 416 hace que la varilla 602 se desplace linealmente hacia arriba o hacia abajo, y que desplace linealmente el montaje de pistón 514 y el pistón 502. A su vez, esto hace que el pistón 502 cree una presión diferencial positiva o negativa dentro de la cámara de pistón 504, lo que permite dispensar o aspirar líquidos, respectivamente, a través de la abertura 414 de la punta de pipeta.

En la realización ilustrada, el conjunto de pipeta 202 también incluye un conector 606 para conectar el cuerpo de pipeta 402 con el actuador lineal 406, y para alinear el pistón 502 del cuerpo de pipeta 402 con la varilla 602 del actuador lineal. El conector 606 tiene una abertura cilíndrica 608 definida en él que se extiende desde una parte superior del conector 606 a una parte inferior del conector 606. Una parte del actuador lineal 406 está colocada dentro de la abertura cilíndrica 608 en la parte superior del conector 606 y está fijada al conector 606 por un medio de conexión adecuado. En la realización ilustrada, el conector 606 está conectado al actuador lineal 406 por un par de tornillos de fijación diametralmente opuestos 610 que se extienden a través de los lados del conector 606 y enganchan el actuador lineal 406 dentro de la abertura cilíndrica 608. Una parte del cuerpo de pipeta 402 se recibe en la abertura cilíndrica 608 en la parte inferior del conector 606 para conectar el cuerpo de pipeta 402 al conector 606. En algunas realizaciones, el cuerpo de pipeta 402 está conectado de forma desmontable al conector 606 de tal manera que el cuerpo de pipeta 402 pueda intercambiarse con otros cuerpos de pipeta que tengan configuraciones diferentes (por ejemplo, diferentes volúmenes). Los medios adecuados para conectar de forma desmontable el cuerpo de pipeta 402 al conector 606 incluyen, por ejemplo y sin limitación, uno o varios retenes, una conexión de bayoneta y una conexión roscada.

En la realización ilustrada, el conjunto de pipeta 202 también incluye un clip de retención de punta de pipeta 418 (representado en la figura 4) para mantener la conexión entre el cuerpo de pipeta 402 y la punta de pipeta 404. El clip de retención 418 impide que la punta de pipeta 404 sea desalojada involuntariamente o se desconecte de otro modo del cuerpo de pipeta 402 durante la operación. En la realización ejemplar, el clip de retención 418 está colocado en el segundo extremo 522 del alojamiento de pistón 506 (representado en la figura 5), y aplica una fuerza de fijación a la punta de pipeta 404 contra el segundo extremo 522 del alojamiento de pistón 506.

Con referencia a las figuras 7 y 8, el vial fuente 206 y el vial destino 208 están alojados dentro de un conjunto de vial fuente 702 y un conjunto de vial destino 704, respectivamente. Como se representa en la figura 8, el conjunto de vial fuente 702 incluye el vial fuente 206, un soporte de vial 802, un disco de retención de líquido 804, y un blindaje contra la radiación 806 que encierra al menos parcialmente el vial fuente 206, el soporte de vial 802 y el disco de retención de líquido 804.

En la realización ejemplar, el vial fuente 206 se hace de vidrio. En otras realizaciones, el vial fuente 206 se puede hacer a partir de materiales distintos del vidrio. Además, en la realización ejemplar, el vial fuente 206 es un vial de fondo cónico. Es decir, el vial fuente 206 tiene un fondo de forma cónica 810. El uso de viales que tienen fondos de forma cónica facilita la transferencia de líquidos a través del aparato de dispensación de líquido 102 facilitando la extracción de casi todo el líquido del vial, evitando al mismo tiempo la oclusión de la abertura 414 de la punta de pipeta durante la aspiración.

El soporte de vial 802 define una cámara de vial 812 en la que el vial fuente 206 está colocado. El soporte de vial 802 tiene una construcción hermética para evitar o impedir que escapen líquidos del soporte de vial 802. Los materiales adecuados de los que se puede construir el soporte de vial 802 incluyen, por ejemplo y sin limitación, ácido poliláctico (PLA). En algunas realizaciones, cada soporte de vial 802 está diseñado para uso con un vial específico de tal manera que el fondo 810 del vial, cuando está colocado dentro del soporte de vial 802, se coloca a una altura predeterminada con relación a otro componente del aparato de dispensación de líquido 102, tal como la base 212 o la punta de pipeta 404. En una realización, por ejemplo, cada soporte de vial 802 incluye un espaciador 814 que pone el fondo del vial a una altura predeterminada con relación a la punta de pipeta 404 cuando la punta de pipeta 404 está en una posición completamente bajada. Además, en algunas realizaciones, los viales 206, 208 y/o los soportes de vial 802 pueden intercambiarse con otros viales y soportes de vial para mantener el fondo de los viales a una altura constante.

El disco de retención de líquido 804 está conectado cerca de la parte superior del soporte de vial 802, y se extiende radialmente hacia fuera de él a un labio anular 816. El labio 816 se extiende hacia arriba para retener líquidos en el disco de retención de líquido 804. En algunas realizaciones, el disco de retención de líquido 804 está configurado

para contener hasta 5 ml de líquido. Los materiales adecuados de los que se puede hacer el disco de retención de líquido 804 incluyen, por ejemplo y sin limitación, poliuretano.

5 El blindaje contra la radiación 806 está construido de un material de blindaje contra la radiación adecuado, incluyendo, por ejemplo y sin limitación, plomo, uranio empobrecido y tungsteno. En la realización ejemplar, el blindaje contra la radiación 806 es un cilindro que tiene un extremo inferior cerrado y un extremo superior abierto en el que se reciben el soporte de vial 802 y el disco de retención de líquido 804. En otras realizaciones, el blindaje contra la radiación 806 puede tener cualquier configuración adecuada que permita que el aparato de dispensación de líquido 102 funcione como se describe en este documento.

10 Aunque no se representa en la figura 8, el conjunto de vial destino 704 tiene la misma construcción y configuración que el conjunto de vial fuente 702. Por ejemplo, el conjunto de vial destino 704 incluye un vial (es decir, el vial destino 208), un soporte de vial, un disco de retención de líquido y un blindaje contra la radiación.

15 En la realización ilustrada, el conjunto de vial fuente 702 y el conjunto de vial destino 704 están fijados al bastidor de soporte 204 con una ménsula o abrazadera 706. En la realización ejemplar, cada uno del conjunto de vial fuente 702 y el conjunto de vial destino 704 están fijados a la base 212 del bastidor de soporte 204 por una abrazadera respectiva 706. En la realización ejemplar, cada abrazadera 706 incluye una banda 708 de forma complementaria al contorno exterior de un conjunto de vial correspondiente. La banda 708 incluye un aro de pasador 710 dispuesto en cada extremo de la banda 708. Cada aro de pasador 710 está dimensionado y conformado para recibir un pasador 712. La banda 708 tiene una longitud y forma adecuadas de tal manera que los aros de pasador 710 estén colocados uno con relación a otro de manera que se alineen simultáneamente con respectivos agujeros de pasador 714 definidos por la base 212 del bastidor de soporte. Un pasador 712 se extiende a través de cada aro 710 y su agujero de pasador asociado 714 para fijar la abrazadera 706 al bastidor de soporte 204, y fijar por ello un conjunto de vial correspondiente al bastidor de soporte 204. En algunas realizaciones, la banda 708 tiene una construcción rígida de tal manera que la banda 708 mantenga su forma general en ausencia de una fuerza aplicada. Es decir, la banda 708 no se arquea ni padea por su propio peso. En algunas realizaciones, por ejemplo, la banda 708 se hace de metal o plástico rígido. Además, en algunas realizaciones, los componentes de la abrazadera 706 se pueden formar como una sola unidad integral. En algunas realizaciones, por ejemplo, la banda 708, los aros de pasador 710 y los pasadores 712 están formados como una sola unidad integral (por ejemplo, a partir de acero inoxidable soldado).

35 En la realización ejemplar, el bastidor de soporte 204 también incluye un receptáculo de punta de pipeta 716 conectado a la base 212. En la realización ejemplar, el receptáculo de punta de pipeta 716 es un cilindro de jeringa de 20 ml conectado de forma desmontable a la base 212. En algunas realizaciones, el receptáculo de punta de pipeta 716 puede estar sellado (por ejemplo, con un tapón luer) para retener derrames de líquido. Además, en algunas realizaciones, la punta de pipeta 404 puede estar colocada dentro del receptáculo de punta de pipeta 716 entre procesos de transferencia de líquido. En la realización ejemplar, el receptáculo de punta de pipeta 716 está situado entre el vial fuente 206 y el vial destino 208, y se extiende al menos parcialmente a un agujero 718 definido por la base 212. El receptáculo de punta de pipeta 716 puede sacarse del agujero 718 y desecharse usando, por ejemplo, telemanipuladores. Además, en algunas realizaciones, la punta de pipeta 404 puede ser expulsada (es decir, desconectada) del cuerpo de pipeta 402 al receptáculo de punta de pipeta 716 para facilitar el desecho de la punta de pipeta 404 controlando al mismo tiempo la contaminación que podría haber en el exterior de la punta de pipeta.

45 En algunas realizaciones, el aparato de dispensación de líquido 102 no incluye (es decir, carece de) componentes electrónicos sensibles a la radiación. En algunas realizaciones, por ejemplo, ninguno de los motores paso a paso 110, 112, 416 contiene componentes electrónicos, y el control se logra regulando la corriente de estator mediante el controlador 106 (por ejemplo, mediante accionamientos paso a paso) situado fuera de la cámara de contención de radiación 104. En tales realizaciones, los motores paso a paso 110, 112, 416 no incluyen sensores de posición ni sensores de realimentación o dispositivos, tales como codificadores, que son sensibles a la radiación. En el sentido en que se usa en este documento, el término componentes electrónicos sensibles a la radiación se refiere a componentes electrónicos, tales como sensores, que son susceptibles a daño, rendimiento reducido, o funcionalidad reducida resultante de la exposición a la radiación nuclear (por ejemplo, radiación gamma y beta). Los ejemplos de componentes electrónicos sensibles a la radiación incluyen, aunque sin limitación, codificadores, sensores ópticos (por ejemplo, sensores de fibra óptica, sensores de luz reflectante, sensores fotoópticos), sensores de proximidad (por ejemplo, sensores capacitivos o inductivos), y procesadores.

60 La ausencia de componentes electrónicos sensibles a la radiación, tal como los usados en otros sistemas de manejo de líquidos, facilita la operación del aparato de dispensación de líquido 102 en entornos de alta radiación. En algunas realizaciones, por ejemplo, el aparato de dispensación de líquido 102 es capaz de operar durante períodos de tiempo prolongados en un entorno de alta radiación, tal como dentro de la cámara de contención de radiación 104. En algunas realizaciones, por ejemplo, el aparato de dispensación de líquido 102 es capaz de operar dentro de una zona de alta radiación e incluso una zona de muy alta radiación durante al menos 10 horas acumuladas, durante al menos 20 horas acumuladas, durante al menos 30 horas acumuladas, durante al menos 50 horas acumuladas,

durante al menos 100 horas acumuladas, durante al menos 200 horas acumuladas, durante al menos 300 horas acumuladas, durante al menos 500 horas acumuladas, e incluso hasta 1.000 horas acumuladas.

En el sentido en que se usa en este documento, el término “zona de alta radiación” significa una zona en la que los niveles de radiación de fuentes de radiación externas al cuerpo de una persona darían lugar a que una persona reciba una dosis equivalente superior a 0,1 rem (1 mSv) en 1 hora a 30 centímetros de la fuente de radiación o 30 centímetros de cualquier superficie en la que penetre la radiación. En el sentido en que se usa en este documento, el término “zona de muy alta radiación” significa una zona en la que los niveles de radiación de fuentes de radiación externas al cuerpo de una persona darían lugar a que una persona reciba una dosis absorbida superior a 500 rads (5 grises) en 1 hora a 1 metro de una fuente de radiación o 1 metro de cualquier superficie en la que penetre la radiación.

Además, en algunas realizaciones, el aparato de dispensación de líquido 102 es capaz de operar en un campo radiactivo igual a 5 millón de milirem por hora (mrem/h) durante al menos 10 horas acumuladas, durante al menos 20 horas acumuladas, durante al menos 30 horas acumuladas, durante al menos 50 horas acumuladas, durante al menos 100 horas acumuladas, durante al menos 200 horas acumuladas, durante al menos 300 horas acumuladas, durante al menos 500 horas acumuladas, e incluso hasta 1.000 horas acumuladas.

En algunas realizaciones, el aparato de dispensación de líquido 102 incluye uno o varios conmutadores mecánicos que proporcionan una indicación de la posición del conjunto de pipeta 202 con relación al bastidor de soporte 204. Los conmutadores mecánicos adecuados incluyen, por ejemplo y sin limitación, contactos eléctricos que completan o cierran un circuito eléctrico cuando los contactos están enganchados. En esta realización, el aparato de dispensación de líquido 102 incluye un primer interruptor mecánico 420 (representado en la figura 4) y un segundo interruptor mecánico 228 (representado en la figura 2). El primer interruptor mecánico 420 está situado próximo al actuador lineal 406, y es activado o conmutado (por ejemplo, contactos eléctricos están enganchados uno con otro) cuando la varilla 602 del actuador lineal está en una posición completamente retirada. El segundo interruptor mecánico 228 está situado entre el brazo de soporte 216 y la parte superior de la columna 214, y diametralmente opuesto al receptáculo de punta de pipeta 716. El segundo interruptor mecánico 228 es activado o conmutado cuando el conjunto de pipeta 202 está en una posición completamente bajada. Los conmutadores mecánicos primero y segundo 420 y 228 están conectados al controlador 106. El controlador 106 puede determinar si una o varias operaciones deberán o no deberán realizarse en base al estado del primer interruptor mecánico 420 y/o el segundo interruptor mecánico 228. Por ejemplo, el controlador 106 puede determinar que una operación de aspiración o dispensación no deberá ser realizada cuando el segundo interruptor mecánico 228 esté activado.

Como se ha indicado anteriormente, el controlador 106 está conectado al aparato de dispensación de líquido 102 para controlar su operación. En particular, el controlador 106 está conectado a cada uno del primer motor paso a paso 110, el segundo motor paso a paso 112 y el tercer motor paso a paso 416 para enviar señales de control a cada uno de los motores y controlar su operación. En algunas realizaciones, el controlador 106 incluye o está conectado a los motores paso a paso 110, 112, 416 a través de uno o varios accionadores paso a paso adecuados configurados para enviar y/o regular el suministro de corriente suministrado a los motores paso a paso. En algunas realizaciones, por ejemplo, las señales de control generadas por el controlador 106 son traducidas o convertidas a una forma de onda de corriente adecuada por un accionador paso a paso para lograr un número deseado de pasos de motor.

La figura 9 es un diagrama de bloques del controlador 106. El controlador 106 incluye al menos un dispositivo de memoria 910 y un procesador 915 que está acoplado al dispositivo de memoria 910 para ejecutar instrucciones. En esta realización, las instrucciones ejecutables están almacenadas en el dispositivo de memoria 910, y el controlador 106 realiza una o varias operaciones descritas en este documento programando el procesador 915. Por ejemplo, el procesador 915 puede ser programado codificando una operación como una o varias instrucciones ejecutables y proporcionando las instrucciones ejecutables en el dispositivo de memoria 910.

El procesador 915 puede incluir una o varias unidades de procesado (por ejemplo, en una configuración multinúcleo). Además, el procesador 915 puede implementarse usando uno o varios sistemas procesadores heterogéneos en los que hay un procesador principal con procesadores secundarios en un solo chip. Como otro ejemplo ilustrativo, el procesador 915 puede ser un sistema multiprocesador simétrico conteniendo múltiples procesadores del mismo tipo. Además, el procesador 915 puede implementarse usando cualquier circuito programable adecuado incluyendo uno o varios sistemas y microcontroladores, microprocesadores, controladores lógicos programables (PLCs), circuitos de conjunto de instrucciones reducido (RISC), circuitos integrados específicos de aplicación (ASIC), circuitos lógicos programables, matrices de puertas programables in situ (FPGA), y cualquier otro circuito capaz de ejecutar las funciones descritas en este documento. En esta realización, el procesador 915 controla la operación del aparato de dispensación de líquido 102 enviando señales de control a cada uno de los motores paso a paso primero, segundo y tercero 110, 112, 416.

El dispositivo de memoria 910 es uno o varios dispositivos que permiten almacenar y recuperar información tal como instrucciones ejecutables y/u otros datos. El dispositivo de memoria 910 puede incluir uno o varios medios legibles por ordenador, tales como, sin limitación, memoria dinámica de acceso aleatorio (DRAM), memoria estática de

acceso aleatorio (SRAM), un disco de estado sólido, y/o un disco duro. El dispositivo de memoria 910 puede estar configurado para almacenar, sin limitación, código fuente de aplicación, código objeto de aplicación, partes de interés de código fuente, partes de interés de código objeto, datos de configuración, eventos de ejecución y/o cualquier otro tipo de datos.

5 En esta realización, el controlador 106 incluye una interfaz de presentación 920 que está conectada al procesador 915. La interfaz de presentación 920 presenta información, tal como código fuente de aplicación y/o eventos de ejecución, a un usuario 925, tal como un técnico u operador. Por ejemplo, la interfaz de presentación 920 puede incluir un adaptador de visualización (no representado) que puede estar acoplado a un dispositivo de visualización, tal como un tubo de rayos catódicos (CRT), una pantalla de cristal líquido (LCD), una pantalla LED orgánico (OLED), y/o una pantalla de "tinta electrónica". La interfaz de presentación 920 puede incluir uno o varios dispositivos de visualización. En esta realización, la interfaz de presentación 920 visualiza una interfaz gráfica de usuario para recibir información del usuario 925, tal como un volumen deseado de dispensación o transferencia.

15 El controlador 106 también incluye una interfaz de entrada de usuario 930 en esta realización. La interfaz de entrada de usuario 930 está conectada al procesador 915 y recibe entrada del usuario 925. La interfaz de entrada de usuario 930 puede incluir, por ejemplo, un teclado, un dispositivo puntero, un ratón, un lápiz, un panel sensible al tacto (por ejemplo, un teclado táctil o una pantalla táctil), un giroscopio, un acelerómetro, un detector de posición, y/o una interfaz de entrada de usuario audio. Un solo componente, tal como una pantalla táctil, puede funcionar como un dispositivo de visualización de la interfaz de presentación 920 y la interfaz de entrada de usuario 930. En esta realización, la interfaz de entrada de usuario 930 recibe una entrada asociada con un volumen deseado de transferencia de líquido a transferir desde el vial fuente 206 al vial destino 208 incluyendo, por ejemplo y sin limitación, un volumen de líquido en mililitros. La interfaz de presentación 920 y la interfaz de entrada de usuario 930 pueden denominarse colectivamente una interfaz de operador o una interfaz hombre-máquina (HMI).

25 En esta realización, el controlador 106 incluye además una interfaz de comunicación 935 conectada al procesador 915. La interfaz de comunicación 935 comunica con uno o varios dispositivos remotos, tal como el aparato de dispensación de líquido 102.

30 En la operación, el aparato de dispensación de líquido 102 transfiere líquido radiactivo del vial fuente 206 al vial destino 208 en respuesta a señales de control recibidas del controlador 106. Específicamente, en esta realización, el controlador 106 (específicamente, el procesador 915) recibe una entrada (por ejemplo, del usuario 925 mediante la interfaz de entrada de usuario 930) asociada con un volumen de transferencia deseado a transferir desde el vial fuente 206 al vial destino 208. El controlador 106 controla la operación del primer motor paso a paso 110 y el segundo motor paso a paso 112 (por ejemplo, controlando el suministro de corriente a los motores paso a paso primero y segundo 110, 112) para poner el conjunto de pipeta 202 sobre el vial fuente 206, y para bajar el conjunto de pipeta 202 de tal manera que la punta de pipeta 404 se sumerja en líquido radiactivo dentro del vial fuente 206.

40 Específicamente, en esta realización, el controlador 106 determina un número de pasos que cada uno del primer motor paso a paso 110 y el segundo motor paso a paso 112 tiene que girar para poner el conjunto de pipeta 202 en una posición en la que la punta de pipeta 404 está sumergida en líquido radiactivo dentro del vial fuente 206, también denominada una posición de aspiración. El controlador 106 puede determinar el número de pasos, por ejemplo, determinando una diferencia en la altura y la posición rotacional entre una posición actual del conjunto de pipeta 202 y la posición de aspiración deseada. En base a las diferencias de altura y posición rotacional, el controlador 106 puede determinar el número de pasos usando tablas de consulta, fórmulas, algoritmos u otras instrucciones (por ejemplo, almacenadas en el dispositivo de memoria 910) que correlacionan un paso de motor del primer motor paso a paso 110 a una distancia rotacional incremental, y un paso de motor del segundo motor paso a paso 112 a una distancia vertical incremental. En algunas realizaciones, el controlador 106 determina una diferencia de altura y/o posición rotacional de la posición actual del conjunto de pipeta 202 y una posición deseada del conjunto de pipeta 202 (por ejemplo, una posición de aspiración o dispensación) rastreando o registrando la posición del conjunto de pipeta 202 en base a señales de control previas enviadas al primer motor paso a paso 110, el segundo motor paso a paso 112 y/o el tercer motor paso a paso 416.

55 Además, en esta realización, el controlador 106 envía una señal de control a cada uno del primer motor paso a paso 110 y el segundo motor paso a paso 112 en base al número determinado de pasos. La señal de control puede ser enviada como una forma de onda de corriente, o ser convertida a ella (por ejemplo, por un accionamiento paso a paso), que energiza los devanados de los motores paso a paso en una secuencia deseada y un número deseado de veces que corresponde al número determinado de pasos. En respuesta a las señales de control, el primer motor paso a paso 110 y el segundo motor paso a paso 112 giran, girando por ello y desplazando verticalmente, respectivamente, el brazo de soporte 216 de tal manera que el conjunto de pipeta 202 se coloque en la posición deseada.

65 En esta realización, el controlador 106 también controla la operación del actuador lineal 406 mediante el tercer motor paso a paso 416 (por ejemplo, controlando el suministro de corriente al tercer motor paso a paso 416) para controlar las operaciones de aspiración y dispensación. Específicamente, en esta realización, el controlador 106 determina, en base a una entrada asociada con un volumen de transferencia deseado, un número de pasos que el tercer motor

paso a paso 416 tiene que girar para desplazar el pistón 502 una distancia que dé lugar a que el volumen de transferencia deseado sea aspirado y/o dispensado por el conjunto de pipeta 202. El controlador 106 (específicamente, el procesador 915) puede determinar el número de pasos para el tercer motor paso a paso 416, por ejemplo, usando tablas de consulta, fórmulas, algoritmos, u otras instrucciones (por ejemplo, almacenadas en el dispositivo de memoria 910) que correlacionen un número de pasos del tercer motor paso a paso 416 a un desplazamiento resultante del pistón y/o un volumen de líquido aspirado o dispensado por el conjunto de pipeta 202.

Además, en esta realización, el controlador 106 envía una señal de control al tercer motor paso a paso 416 en base al número determinado de pasos. La señal de control puede ser enviada como una forma de onda de corriente, o convertida (por ejemplo, por un accionamiento paso a paso) a ella, que energice los devanados del tercer motor paso a paso 416 en una secuencia deseada y un número deseado de veces que corresponda al número determinado de pasos. En respuesta a las señales de control, el tercer motor paso a paso 416 gira, produciendo el accionamiento del actuador lineal 406 y el desplazamiento de la varilla 602 y el pistón 502. El desplazamiento del pistón 502 genera una presión diferencial positiva o negativa dentro de la cámara de pistón 504, que da lugar a que se aspire o dispense líquido de la punta de pipeta 404.

Después de la aspiración, el controlador 106 controla la operación del primer motor paso a paso 110, el segundo motor paso a paso 112 y el tercer motor paso a paso 416 para poner el conjunto de pipeta 202 sobre el vial destino 208 y dispensar el volumen de transferencia deseado al vial destino 208. El controlador 106 puede controlar los motores paso a paso primero, segundo y tercero 110, 112, 416 de la misma manera que la descrita anteriormente con referencia al procedimiento de aspiración.

En algunas realizaciones, el cuerpo de pipeta 402 y/o la punta de pipeta 404 pueden exhibir una respuesta o relación no lineal entre el número de pasos que el tercer motor paso a paso 416 gira y el volumen de líquido aspirado o dispensado por el conjunto de pipeta 202 en todo el rango de dispensación utilizable (es decir, la capacidad) del conjunto de pipeta 202. En tales realizaciones, rangos de volumen discretos pueden ser identificados y almacenados en el controlador 106 (específicamente, en el dispositivo de memoria 910), y diferentes factores, coeficientes, fórmulas y/o algoritmos pueden ser asignados a cada rango para facilitar la determinación del número de pasos que el tercer motor paso a paso 416 tiene que girar para lograr volúmenes de líquido deseados a través de todo el rango de dispensación del conjunto de pipeta 202. En algunas realizaciones, por ejemplo, el controlador 106 determina ecuaciones separadas, tales como ecuaciones lineales, para segmentos discretos de una curva deseada de volumen de dispensación/pasos de motor.

La figura 10 es un gráfico de una curva ejemplar deseada de volumen de transferencia/pasos de motor 1002 para el conjunto de pipeta 202. La curva 1002 ilustra una relación ejemplar entre el volumen de transferencia deseado para el conjunto de pipeta 202 y el número correspondiente de pasos del tercer motor paso a paso 416 necesarios para aspirar o dispensar el volumen de transferencia deseado. Como se representa en la figura 10, la curva 1002 incluye tres rangos de volumen discretos: un primer rango de volumen 1004 de 0,1 a 0,3 ml, un segundo rango de volumen 1006 de 0,3 ml a 1,0 ml, y un tercer rango de volumen 1008 de 1,0 ml a 5,0 ml. La curva 1002 puede ser almacenada en el controlador 106 (específicamente, en el dispositivo de memoria 910), y/o el controlador 106 (específicamente, el procesador 915) puede determinar diferentes ecuaciones o algoritmos para cada uno de los rangos de volumen 1004, 1006, 1008 para determinar el número de pasos que el tercer motor paso a paso 416 deberá girar. En esta realización, por ejemplo, el controlador 106 determina una ecuación lineal diferente para cada uno del primer rango de volumen 1004, el segundo rango de volumen 1006 y el tercer rango de volumen 1008, y usa las ecuaciones lineales en combinación con un volumen de transferencia de entrada deseado para determinar el número de pasos que el tercer motor paso a paso 416 deberá girar para lograr el volumen de transferencia deseado.

Tener en cuenta la respuesta no lineal del conjunto de pipeta 202 como se describe en este documento facilita la aspiración y la dispensación exactas de volúmenes de transferencia deseados en todo el rango de dispensación utilizable (es decir, la capacidad) del conjunto de pipeta 202. En algunas realizaciones, por ejemplo, el aparato de dispensación de líquido 102 es capaz de dispensar líquido con una sola carrera del pistón en un rango de 100 µl a 5.000 µl dentro de +/- 5,0% de un volumen de dispensación deseado, dentro de +/- 3,0% de un volumen de dispensación deseado, dentro de +/- 2,5% de un volumen de dispensación deseado, dentro de +/- 2,0% de un volumen de dispensación deseado, dentro de +/- 1,5% de un volumen de dispensación deseado, e incluso dentro de +/- 1,0% de un volumen de dispensación deseado. Además, en algunas realizaciones, el aparato de dispensación de líquido 102 es capaz de dispensar líquido con una sola carrera del pistón dentro de +/- 1,0% de un volumen deseado en un rango de 500 µl a 5.000 µl, en un rango de 300 µl a 5.000 µl, en un rango de 200 µl a 5.000 µl, e incluso en un rango de 100 µl a 5.000 µl.

En algunas realizaciones, el controlador 106 también controla el aparato de dispensación de líquido 102 (por ejemplo, controlando el suministro de corriente a cada uno de los motores paso a paso 110, 112, 416) para reducir o minimizar errores en la dispensación de líquido y facilitar volúmenes de dispensación más exactos y precisos. En algunas realizaciones, por ejemplo, el controlador 106 controla la altura de la punta de pipeta 404 con relación al fondo del vial fuente 206 durante la aspiración para mantener la separación entre la punta de pipeta 404 y el fondo del vial fuente 206. Esto facilita evitar la oclusión de la abertura de la punta de pipeta 414 durante la aspiración, que por lo demás podría dar lugar a errores en el volumen de líquido aspirado. El controlador 106 controla la altura de la

punta de pipeta 404 controlando el suministro de corriente al segundo motor paso a paso 112, que regula la altura del brazo de soporte 216 y, en consecuencia, el conjunto de pipeta 202.

5 Además, en algunas realizaciones, el controlador 106 controla la altura de la punta de pipeta 404 para aspirar un volumen deseado de líquido realizando una pluralidad de aspiraciones parciales a diferentes alturas o profundidades dentro del vial fuente 206.

10 En una realización, por ejemplo, el controlador está configurado para controlar el segundo motor paso a paso 112 para poner la punta de pipeta 404 a una primera altura, para controlar el tercer motor paso a paso 416 para desplazar el pistón 502 y aspirar un primer volumen de líquido radiactivo del vial fuente 206 mientras la punta de pipeta 404 está colocada a la primera altura, para controlar también el segundo motor paso a paso 112 para poner la punta de pipeta 404 a una segunda altura más baja que la primera altura, y para controlar también el tercer motor paso a paso 416 para desplazar el pistón 502 y aspirar un segundo volumen de líquido radiactivo del vial fuente 206 mientras la punta de pipeta 404 está colocada a la segunda altura.

15 La realización de aspiraciones parciales a múltiples alturas diferentes o profundidades de inmersión dentro del vial fuente 206 facilita la prevención de rebosamientos de líquido del vial fuente 206 que de otro modo podrían producirse si la punta de pipeta 404 se desplazase directamente al fondo del vial fuente 206 al inicio de la aspiración. Además, la realización de aspiraciones parciales a alturas diferentes facilita la reducción o la minimización de la cantidad de líquido forzado a la punta de pipeta 404 durante la inmersión limitando la profundidad de inmersión de la punta de pipeta y la presión diferencial resultante a través de la abertura de punta de pipeta 414.

20 En algunas realizaciones, el controlador 106 también controla la velocidad de aspiración del conjunto de pipeta 202 a una velocidad de aspiración lenta constante para asegurar que todo el volumen deseado sea aspirado con mínima turbulencia. Por ejemplo, el controlador 106 puede controlar la velocidad de desplazamiento del pistón durante la aspiración controlando el suministro de corriente al tercer motor paso a paso 416, que controla la velocidad del tercer motor paso a paso 416 y, en consecuencia, la velocidad de desplazamiento del pistón. En algunas realizaciones, por ejemplo, el controlador 106 controla la velocidad de desplazamiento del pistón a una velocidad de desplazamiento de entre 7 segundos y 10 segundos por carrera completa del pistón.

25 Además, en algunas realizaciones, el controlador 106 controla la extracción de la punta de pipeta 404 del vial fuente 206 para reducir o minimizar errores en la dispensación de líquido. En algunas realizaciones, por ejemplo, el controlador 106 mantiene la punta de pipeta 404 dentro del vial fuente 206 durante un tiempo de retardo predeterminado o preestablecido después de la aspiración para asegurar que la aspiración finalice antes de extraer la punta de pipeta 404 del vial fuente 206. Los tiempos de retardo adecuados después de la aspiración incluyen, por ejemplo y sin limitación, 1 segundo, 2 segundos, 3 segundos, 5 segundos y 10 segundos. En algunas realizaciones, el controlador 106 también controla la velocidad a la que la punta de pipeta 404 es sacada del líquido dentro del vial fuente 206 controlando el suministro de corriente al segundo motor paso a paso 112. En algunas realizaciones, por ejemplo, el controlador 106 saca o retira la punta de pipeta 404 del vial fuente 206 después de la aspiración a una velocidad de aproximadamente 4 segundos desde una posición completamente bajada a una posición completamente subida. Controlar la velocidad a la que la punta de pipeta 404 es sacada del líquido del vial fuente permite que la tensión superficial del líquido elimine o reduzca la acumulación de líquido en el exterior de la punta de pipeta 404, que de otro modo podría gotear y dispensarse con el líquido dentro de la punta de pipeta 404.

30 En algunas realizaciones, el controlador 106 también controla la introducción de la punta de pipeta 404 en el vial destino 208 para reducir o minimizar errores en la dispensación de líquido. En algunas realizaciones, por ejemplo, el controlador 106 baja la punta de pipeta 404 por debajo de la abertura del vial destino 208 antes de dispensar líquido para evitar o impedir que se dispense líquido fuera del vial destino 208.

35 Además, en algunas realizaciones, el controlador 106 controla la velocidad de desplazamiento del pistón durante la dispensación de líquido al vial destino 208 para facilitar que el uso de la tensión superficial elimine la acumulación de líquido en el interior de las paredes de la punta de pipeta 404. Específicamente, en algunas realizaciones, el controlador 106 decelera el pistón 502 cerca del final de un proceso de dispensación de líquido (por ejemplo, controlando el suministro de corriente al tercer motor paso a paso 416).

40 Además, en algunas realizaciones, si se detecta una condición de dispensación incompleta, el controlador 106 quita automáticamente el líquido de dentro de la punta de pipeta 404 haciéndolo volver al vial fuente 206, y a continuación humedece automáticamente la superficie interior de la punta de pipeta 404 para eliminar las gotas de la superficie interior que de otro modo podrían aumentar un posterior error de dispensación.

45 Las realizaciones de los sistemas y métodos descritos en este documento proporcionan varias ventajas sobre los sistemas de manejo de líquidos conocidos. En particular, las realizaciones de los sistemas y métodos facilitan exactamente la transferencia de cantidades exactas de líquido radiactivo entre un vial fuente y un vial destino, evitando al mismo tiempo o minimizando la exposición del operador a radiación nuclear. Por ejemplo, las realizaciones de los sistemas y métodos descritos en este documento emplean un conjunto de pipeta para transferir líquido entre el vial fuente y el vial destino. El empleo de un conjunto de pipeta para aspirar y dispensar líquidos

proporciona varias ventajas sobre otros mecanismos de transferencia de líquido, tales como bombas peristálticas, de jeringa o de pistón rotativo. Por ejemplo, no se pierde virtualmente nada de líquido en el proceso de pipeteo porque no hay tubos u otras líneas en las que el líquido pueda recogerse o quedar atrapado de otro modo. Además, no es necesaria la calibración de la bomba, evitando por ello tiempo, esfuerzo y complejidad de la instrumentación de medición (por ejemplo, medición de peso) asociados con la calibración de la bomba peristáltica. Además, a diferencia de las bombas de pistón rotativo, las puntas de pipeta usadas en conjuntos de pipeta pueden estar preesterilizadas y dispuestas con cada uso para minimizar la contaminación y la contaminación cruzada entre lotes.

Además, las realizaciones del aparato de dispensación de líquido descrito en este documento facilitan el uso de conjuntos de pipeta para transferir líquidos, evitando al mismo tiempo los inconvenientes comúnmente asociados con el empleo de pipetas, tales como variación de la técnica de pipeteo del operador, que puede afectar adversamente a la precisión y la exactitud de la dispensación. Los ejemplos de variación de la técnica de pipeteo incluyen el ángulo de la punta de pipeta, el volumen de aspiración de la pipeta, la velocidad de aspiración de la pipeta, la duración de la pausa después de la aspiración, la velocidad de extracción de la pipeta del líquido, la velocidad de dispensación y la terminación de la extracción sin expulsión de la punta. Además, la dispensación manual requiere el acceso físico al equipo, que puede dar lugar a exposición del operador a entornos radiactivos.

### Ejemplo

Se realizaron pruebas experimentales en un aparato de dispensación de líquido que tenía sustancialmente la misma configuración que el aparato de dispensación de líquido 102. Las pruebas experimentales incluían cinco ejecuciones de prueba diferentes. En cada ejecución de prueba, se asignaron 20 volúmenes de dispensación deseados diferentes al aparato de dispensación de líquido del orden de 0,1 ml a 5,0 ml. Bajo el control de un controlador, tal como el controlador 106, el aparato de dispensación de líquido transfirió 20 volúmenes de líquido diferentes desde un vial fuente a un volumen destino en base a los volúmenes de dispensación deseados. La primera ejecución de prueba se realizó sin humectación del interior de la punta de pipeta. En la segunda ejecución de prueba, el interior de la punta de pipeta se humedeció antes de transferir líquido con la punta de pipeta. Después de la segunda ejecución de prueba, la punta de pipeta se sustituyó por otra punta de pipeta que tenía sustancialmente la misma configuración. La punta de pipeta no se humedeció en la tercera ejecución de prueba, y la punta de pipeta se humedeció en la cuarta ejecución de prueba. Después de la cuarta ejecución de prueba, el cuerpo de pipeta se sustituyó por un cuerpo de pipeta que tenía sustancialmente la misma configuración. La quinta ejecución de prueba se realizó entonces con el nuevo cuerpo de pipeta humedeciendo la punta de pipeta antes de la transferencia de líquido con la punta de pipeta. Cada ejecución de prueba se realizó usando el cuerpo de pipeta de una pipeta manual Eppendorf Reference® 2 y una punta de pipeta que tenía una capacidad nominal de 0,5 ml a 5,0 ml. Después de la terminación de las ejecuciones de prueba, los volúmenes de dispensación reales se compararon con los volúmenes de dispensación deseados, y las diferencias porcentuales se calcularon con respecto a cada volumen de dispensación deseado. Los resultados de las ejecuciones de prueba 1-4 se exponen a continuación en la Tabla 1, y los resultados de la ejecución de prueba 5 se exponen a continuación en la Tabla 2.

Tabla 1: Resultados de las ejecuciones de prueba 1-4

Volumen de dispensación deseado (ml)	Primera ejecución de prueba	Diferencia %	Segunda ejecución de prueba	Diferencia %	Tercera ejecución de prueba	Diferencia %	Cuarta ejecución de prueba	Diferencia %
0,100	0,102	2,00%	0,103	3,00%	0,101	1,00%	0,099	-1,00%
0,200	0,200	0,00%	0,2	0,00%	0,197	-1,50%	0,2	0,00%
0,300	0,302	0,67%	0,303	1,00%	0,301	0,33%	0,295	-1,67%
0,400	0,402	0,50%	0,398	-0,50%	0,394	-1,50%	0,399	-0,25%
0,500	0,496	-0,80%	0,501	0,20%	0,495	-1,00%	0,497	-0,60%
0,600	0,592	-1,33%	0,597	-0,50%	0,596	-0,67%	0,596	-0,67%
0,750	0,745	-0,67%	0,745	-0,67%	0,745	-0,67%	0,745	-0,67%
0,900	0,896	-0,44%	0,898	-0,22%	0,896	-0,44%	0,897	-0,33%
1,000	0,999	-0,10%	0,994	-0,60%	0,99	-1,00%	0,997	-0,30%
1,100	1,089	-1,00%	1,092	-0,73%	1,95	-0,45%	1,098	-0,18%
1,250	1,243	-0,56%	1,248	-0,16%	1,24	-0,80%	1,247	-0,24%
1,500	1,489	-0,73%	1,496	-0,27%	1,491	-0,60%	1,492	-0,53%
2,000	1,992	-0,40%	1,997	-0,15%	1,991	-0,45%	1,992	-0,40%
3,000	2,983	-0,57%	2,985	-0,50%	2,984	-0,53%	2,987	-0,43%
4,000	3,979	-0,52%	3,985	-0,38%	3,977	-0,58%	3,988	-0,30%
4,250	4,230	-0,47%	4,231	-0,45%	4,235	-0,35%	4,233	-0,40%
4,500	4,484	-0,36%	4,491	-0,20%	4,483	-0,38%	4,489	-0,24%
4,750	4,726	-0,51%	4,736	-0,29%	4,727	-0,48%	4,733	-0,36%
4,900	4,888	-0,24%	4,894	-0,12%	4,882	-0,37%	4,886	-0,29%
5,000	4,980	-0,40%	4,987	-0,26%	4,967	-0,66%	4,984	-0,32%

Tabla 2: Resultados de la ejecución de prueba 5

Volumen de dispensación deseado (ml)	Quinta ejecución de prueba	Diferencia %
0,100	0,098	-2,00%
0,200	0,202	1,00%
0,300	0,303	1,00%
0,400	0,402	0,50%
0,500	0,491	-1,80%
0,600	0,599	-0,17%
0,750	0,752	0,27%
0,900	0,897	-0,33%
1,000	0,999	-0,10%
1,100	1,101	0,09%
1,250	1,251	0,08%
1,500	1,493	-0,47%
2,000	1,992	-0,40%
3,000	2,984	-0,53%
4,000	3,987	-0,32%
4,250	4,242	-0,19%
4,500	4,499	-0,02%
4,750	4,735	-0,32%
4,900	4,898	-0,04%
5,000	4,998	-0,04%

- 5 Como se representa en las tablas anteriores, el aparato de dispensación de líquido mantuvo una tolerancia de dispensación mejor de  $\pm 5,0\%$  en todo el rango de dispensación de 0,1 ml a 5,0 ml para cada una de las ejecuciones de prueba. Además, el aparato de dispensación de líquido mantuvo una tolerancia de dispensación mejor de  $\pm 2,0\%$  en el rango de dispensación de 0,5 ml a 5,0 ml para cada una de las ejecuciones de prueba. Además, en al
- 10 menos dos de las ejecuciones de prueba (ejecuciones de prueba tres y cuatro), el aparato de dispensación de líquido mantuvo una tolerancia de dispensación mejor de  $\pm 2,0\%$  en todo el rango de dispensación de 0,1 ml a 5,0 ml. La exactitud y la precisión de la dispensación no quedaron afectadas sustancialmente por la humectación, los cambios de puntas de pipeta o los cambios de los cuerpos de pipeta.
- 15 Cuando se introducen elementos de la presente invención o su realización o realizaciones, los artículos “un”, “una”, “el/la” y “dicho” pretenden significar que hay uno o varios elementos. Los términos “comprender”, “incluir” y “tener” pretenden ser inclusivos y significan que puede haber elementos adicionales distintos de los elementos enumerados.
- 20 Dado que podrían hacerse varios cambios en las construcciones y métodos anteriores sin apartarse del alcance de la invención, se pretende que toda la materia contenida en la descripción anterior y representada en los dibujos acompañantes sea interpretada como ilustrativa y no en un sentido limitativo.

**REIVINDICACIONES**

1. Un sistema para dispensar líquidos radiactivos, comprendiendo el sistema:

5 una cámara de contención de radiación (104) incluyendo un recinto (108) construido de un material de blindaje contra la radiación; y

un aparato de dispensación de líquido (102) dispuesto al menos parcialmente en el interior del recinto, incluyendo el aparato de dispensación de líquido:

10 un brazo de soporte (216) rotativo alrededor de un eje de rotación (218);

un actuador (210) conectado operativamente al brazo de soporte y configurado para al menos uno de girar el brazo de soporte alrededor del eje de rotación y desplazar el brazo de soporte en una dirección paralela al eje de rotación;

15 un conjunto de pipeta (202) montado en el brazo de soporte, incluyendo el conjunto de pipeta una punta de pipeta que define una abertura a través de la que se aspiran y dispensan líquidos, un pistón (502), y un motor paso a paso (110) conectado operativamente al pistón para controlar el desplazamiento lineal del pistón; y

20 un controlador (106) conectado al motor paso a paso y configurado para controlar el motor paso a paso para controlar el desplazamiento del pistón, donde el controlador está configurado para determinar un número de pasos que gira el motor paso a paso en base a una relación no lineal entre un volumen de líquido aspirado o dispensado por el conjunto de pipeta y un número correspondiente de pasos que el motor paso a paso es girado.

25 2. El sistema de la reivindicación 1, donde el controlador está colocado fuera de la cámara de contención de radiación.

3. El sistema de la reivindicación 1, donde el controlador está configurado además para:

30 recibir una entrada asociada con un volumen de transferencia deseado;

determinar un número de pasos por los que girar el motor paso a paso en base a la entrada; y

35 controlar un suministro de corriente al motor paso a paso en base al número determinado de pasos para girar el motor paso a paso el número determinado de pasos.

4. El sistema de la reivindicación 1, donde el motor paso a paso es un primer motor paso a paso, y donde el actuador incluye un segundo motor paso a paso conectado operativamente al brazo de soporte para desplazar el brazo de soporte en una dirección paralela al eje de rotación, donde el controlador está configurado además para:

40 controlar el segundo motor paso a paso para poner la punta de pipeta a una primera altura;

controlar el primer motor paso a paso para desplazar el pistón y aspirar un primer volumen de líquido radiactivo de un vial mientras la punta de pipeta está colocada a la primera altura;

45 controlar el segundo motor paso a paso para poner la punta de pipeta a una segunda altura inferior a la primera altura; y

50 controlar el primer motor paso a paso para desplazar el pistón y aspirar un segundo volumen de líquido radiactivo del vial mientras la punta de pipeta está colocada a la segunda altura.

5. El sistema de la reivindicación 1, donde el motor paso a paso es un primer motor paso a paso, y donde el actuador incluye un segundo motor paso a paso conectado operativamente al brazo de soporte y configurado para girar el brazo de soporte alrededor del eje de rotación, y un tercer motor paso a paso conectado operativamente al brazo de soporte y configurado para desplazar el brazo de soporte en una dirección paralela al eje de rotación, comprendiendo además el sistema:

un bastidor de soporte incluyendo una base y una columna que se extiende verticalmente hacia arriba de la base,

60 donde los motores paso a paso segundo y tercero están colocados dentro del interior de la columna, y

donde los motores paso a paso segundo y tercero están conectados operativamente al brazo de soporte a través de un eje rotativo, donde la operación del segundo motor paso a paso gira el eje, y donde la operación del tercer motor paso a paso desplaza el eje en la dirección paralela al eje de rotación, donde la rotación del eje rotativo hace que el brazo de soporte gire alrededor del eje de rotación, y donde el desplazamiento del eje hace que el brazo de soporte se mueva en la dirección paralela al eje de rotación.

65

- 5 6. El sistema de la reivindicación 1, comprendiendo además un primer conjunto de vial y un segundo conjunto de vial, donde cada uno de los conjuntos de vial primero y segundo incluye un vial y un blindaje contra la radiación encerrando al menos parcialmente el vial, y donde el actuador está configurado para girar el brazo de soporte de tal manera que el conjunto de pipeta sea móvil entre una primera posición, en la que el conjunto de pipeta está colocado para aspirar un líquido del vial del primer conjunto de vial, y una segunda posición, en la que el conjunto de pipeta está colocado para dispensar el líquido al vial del segundo conjunto de vial.
- 10 7. El sistema de la reivindicación 6, donde al menos uno de los viales de los conjuntos de vial primero y segundo contiene un líquido radiactivo, donde el líquido radiactivo incluye uno de germanio-68, estroncio-87m, tecnecio-99m, indio-111m, yodo-131 y talio-201.
- 15 8. Un aparato para dispensar líquidos radiactivos, comprendiendo el aparato:
- 20 un brazo de soporte (216) rotativo alrededor de un eje de rotación (218);
- un actuador (210) conectado operativamente al brazo de soporte e incluyendo:
- 25 un primer motor paso a paso (110) conectado operativamente al brazo de soporte y configurado para girar el brazo de soporte alrededor del eje de rotación; y
- un segundo motor paso a paso (112) conectado operativamente al brazo de soporte y configurado para desplazar el brazo de soporte en una dirección paralela al eje de rotación; y
- 30 un conjunto de pipeta (202) montado en el brazo de soporte, incluyendo el conjunto de pipeta una punta de pipeta que define una abertura a través de la que se aspiran y dispensan líquidos, un pistón (502), y un tercer motor paso a paso (416) conectado operativamente al pistón para controlar el desplazamiento lineal del pistón y está configurado para ser controlado por un controlador configurado para determinar un número de pasos que gira el motor paso a paso en base a una relación no lineal entre un volumen de líquido aspirado o dispensado por el conjunto de pipeta y un número correspondiente de pasos que el motor paso a paso es girado;
- donde el aparato carece de componentes electrónicos sensibles a la radiación.
- 35 9. El aparato de la reivindicación 8, donde el aparato es capaz de operar durante al menos 10 horas acumuladas dentro de una zona de alta radiación.
- 40 10. El aparato de la reivindicación 8, donde el aparato es capaz de operar durante al menos 10 horas acumuladas en un campo radiactivo de 50 Sv por hora.
- 45 11. El aparato de la reivindicación 8, donde el conjunto de pipeta tiene una capacidad de dispensación de al menos 1,0 ml y una tolerancia de dispensación mejor de +/- 5,0% de un volumen deseado en un rango de dispensación de 0,1 ml a 1,0 ml, y preferiblemente donde el conjunto de pipeta tiene una capacidad de dispensación de al menos 4,0 ml y una tolerancia de dispensación mejor de +/- 2,0% de un volumen deseado en un rango de dispensación de 0,1 ml a 4,0 ml.
- 50 12. El aparato de la reivindicación 8, comprendiendo además un bastidor de soporte incluyendo una base y una columna que se extiende verticalmente hacia arriba de la base, donde los motores paso a paso primero y segundo están colocados dentro del interior de la columna.
- 55 13. Un método de dispensar líquido radiactivo usando un aparato dispensador incluyendo un conjunto de pipeta montado en un brazo rotativo de soporte, incluyendo el conjunto de pipeta una punta de pipeta, un pistón, y un motor paso a paso conectado operativamente al pistón, comprendiendo el método:
- colocar el conjunto de pipeta encima de un primer vial usando el brazo de soporte;
- 60 determinar, usando un controlador conectado al motor paso a paso, un número de pasos que gira el motor paso a paso en base a una relación no lineal entre un volumen de líquido aspirado o dispensado por el conjunto de pipeta y un número correspondiente de pasos que el motor paso a paso es girado;
- aspirar un volumen de líquido radiactivo de un primer vial desplazando el pistón en una primera dirección usando el motor paso a paso;
- girar el brazo de soporte para poner el conjunto de pipeta encima de un segundo vial; y
- 65 dispensar al menos una parte del volumen de líquido radiactivo al segundo vial desplazando el pistón en una segunda dirección opuesta a la primera dirección usando el motor paso a paso.

5 14. El método de la reivindicación 13, comprendiendo además recibir, en el controlador, una entrada asociada con un volumen de transferencia deseado, donde aspirar un volumen de líquido radiactivo del primer vial incluye controlar, usando el controlador, un suministro de corriente al motor paso a paso en base a la entrada y el número determinado de pasos para desplazar el pistón en la primera dirección.

10 15. El método de la reivindicación 13, donde aspirar un volumen de líquido radiactivo del primer vial incluye:  
aspirar un primer volumen de líquido radiactivo mientras la punta de pipeta está colocada a una primera distancia del fondo del primer vial;

bajar la pipeta a una segunda distancia del fondo del primer vial; y

15 aspirar un segundo volumen de líquido radiactivo mientras la punta de pipeta está colocada a la segunda distancia del fondo del primer vial.

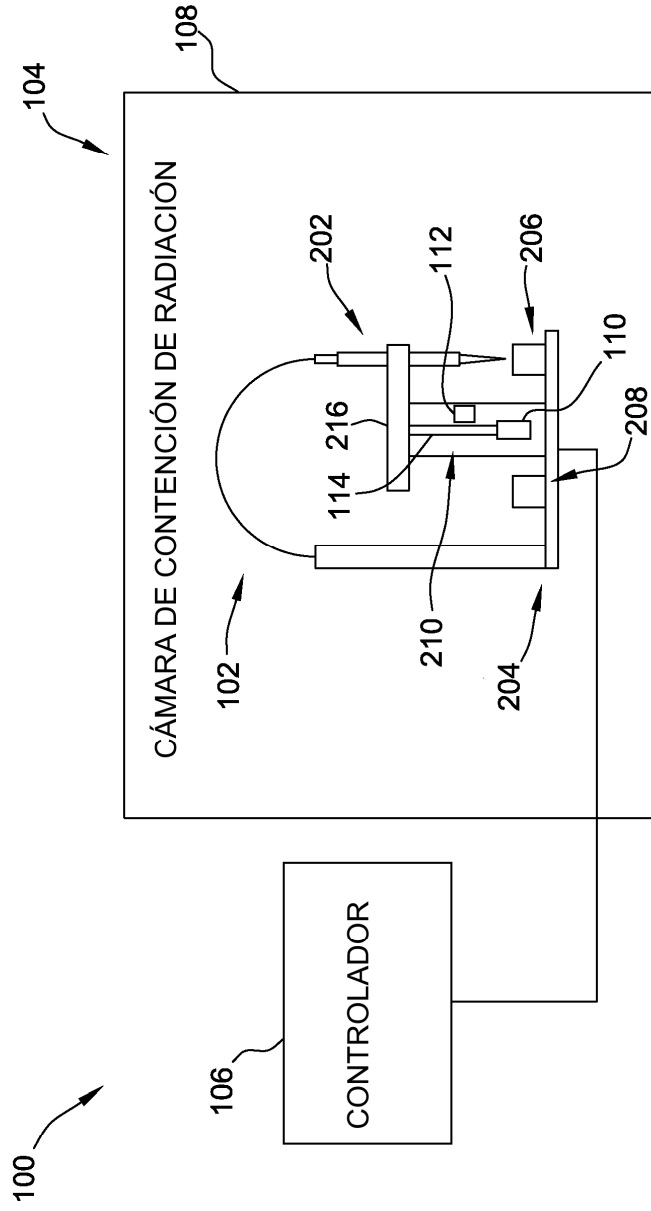


FIG. 1

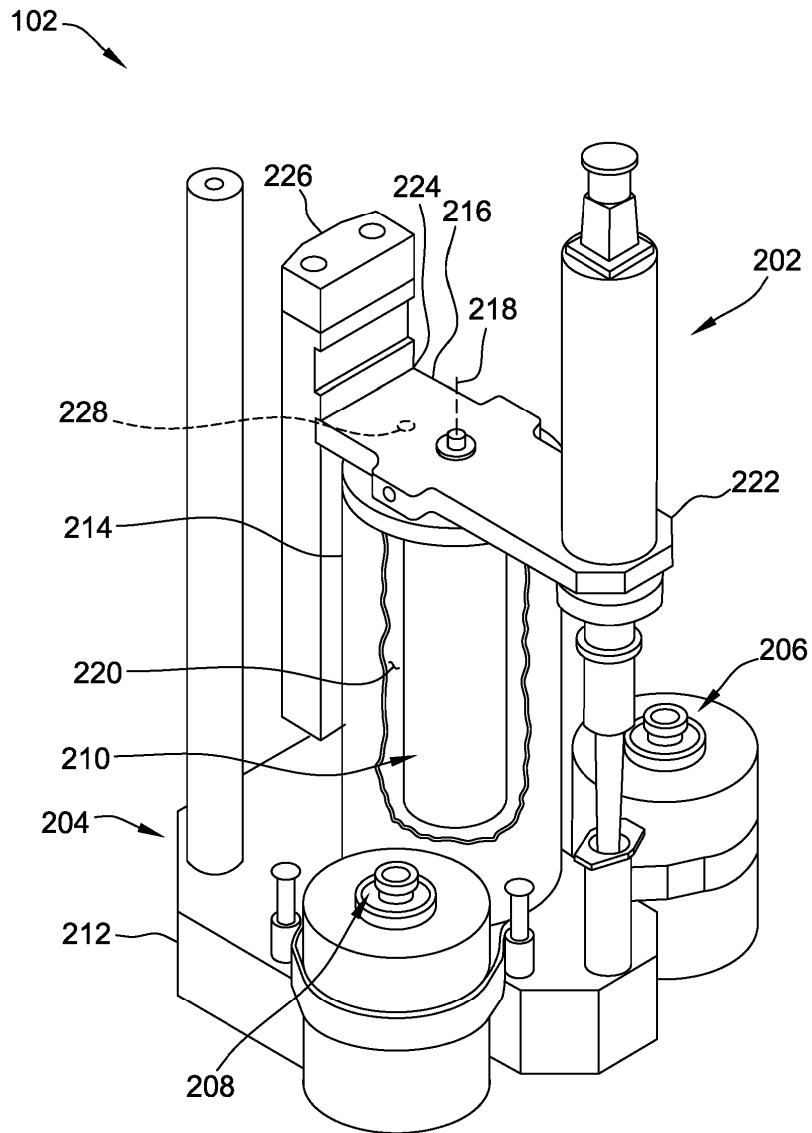


FIG. 2

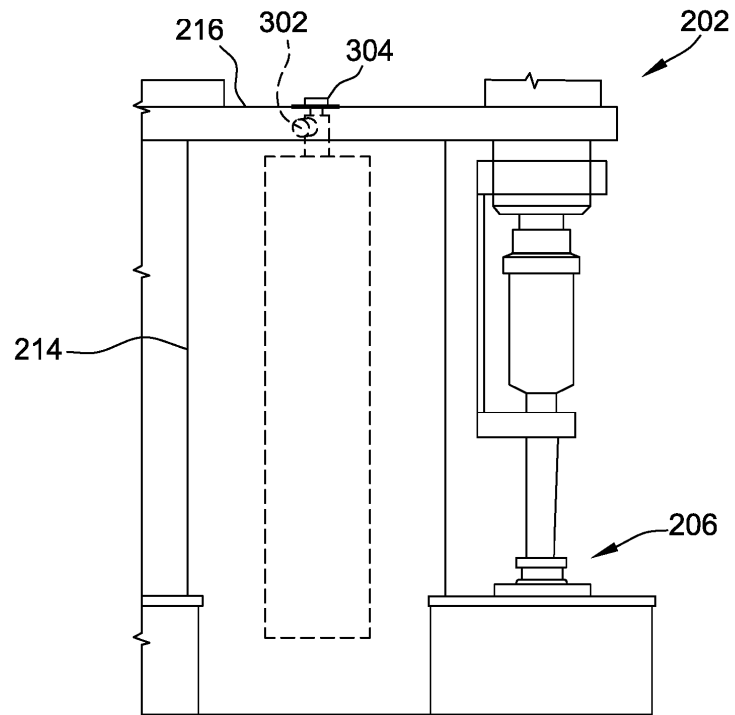


FIG. 3

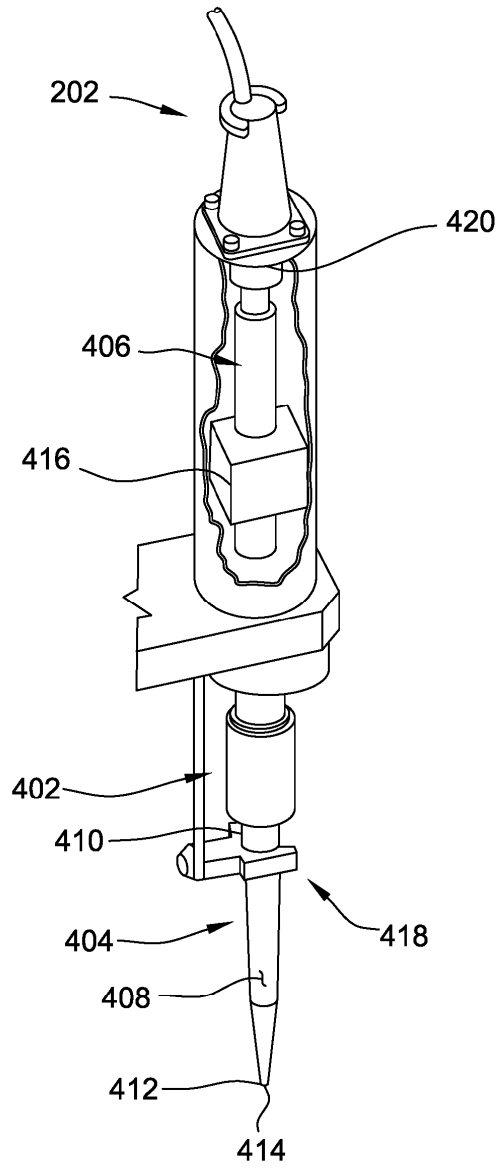


FIG. 4

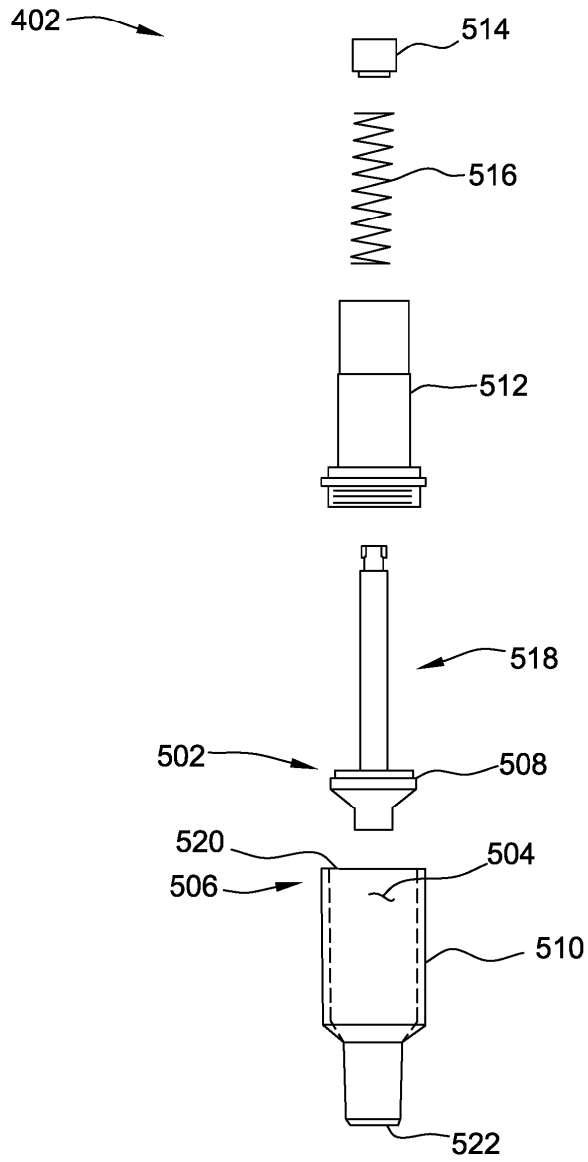


FIG. 5

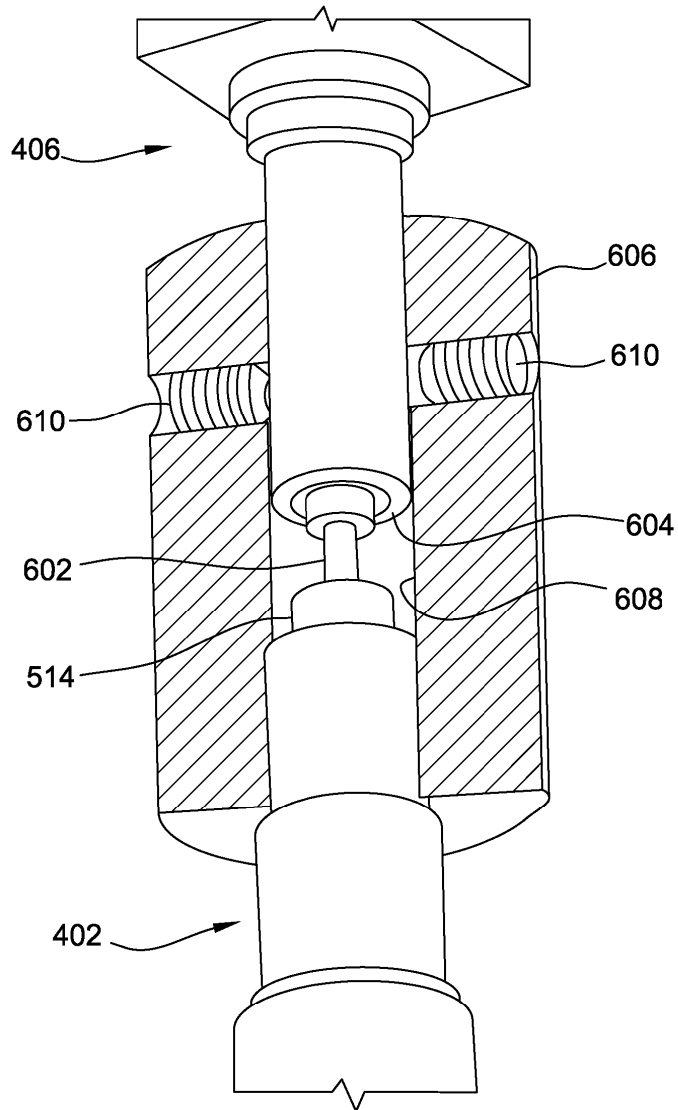


FIG. 6



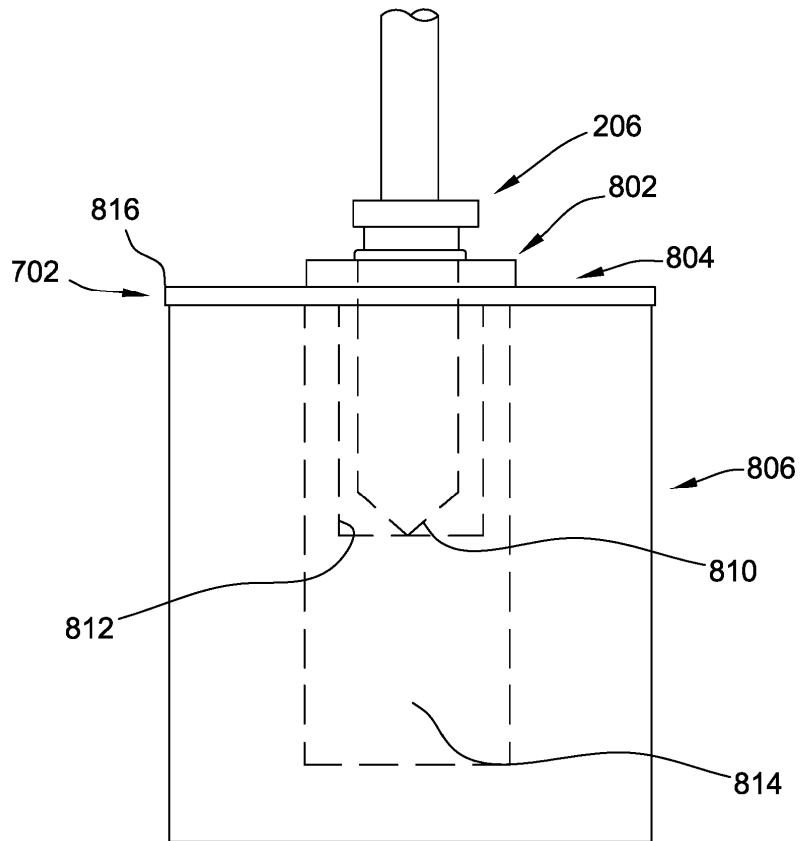


FIG. 8

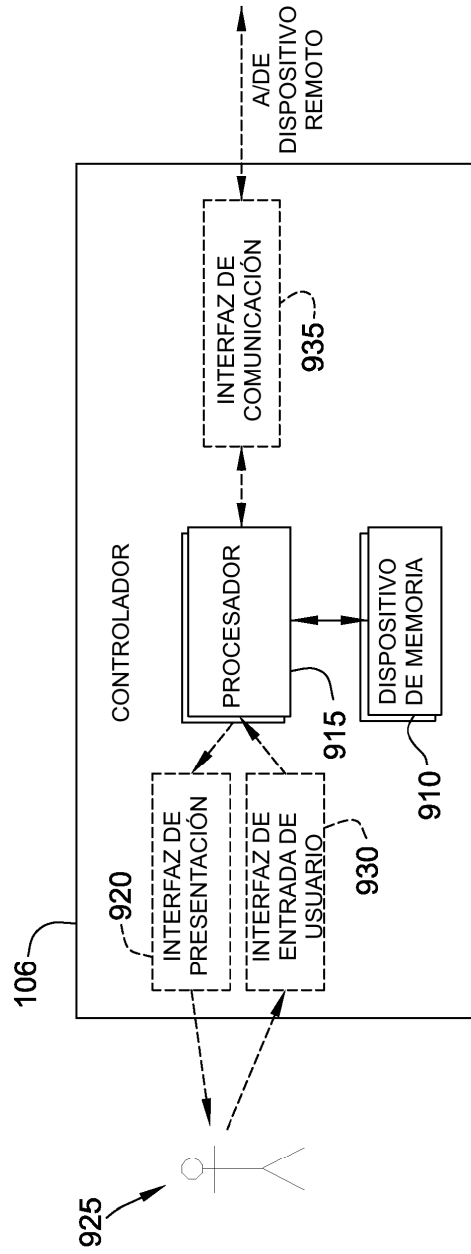


FIG. 9

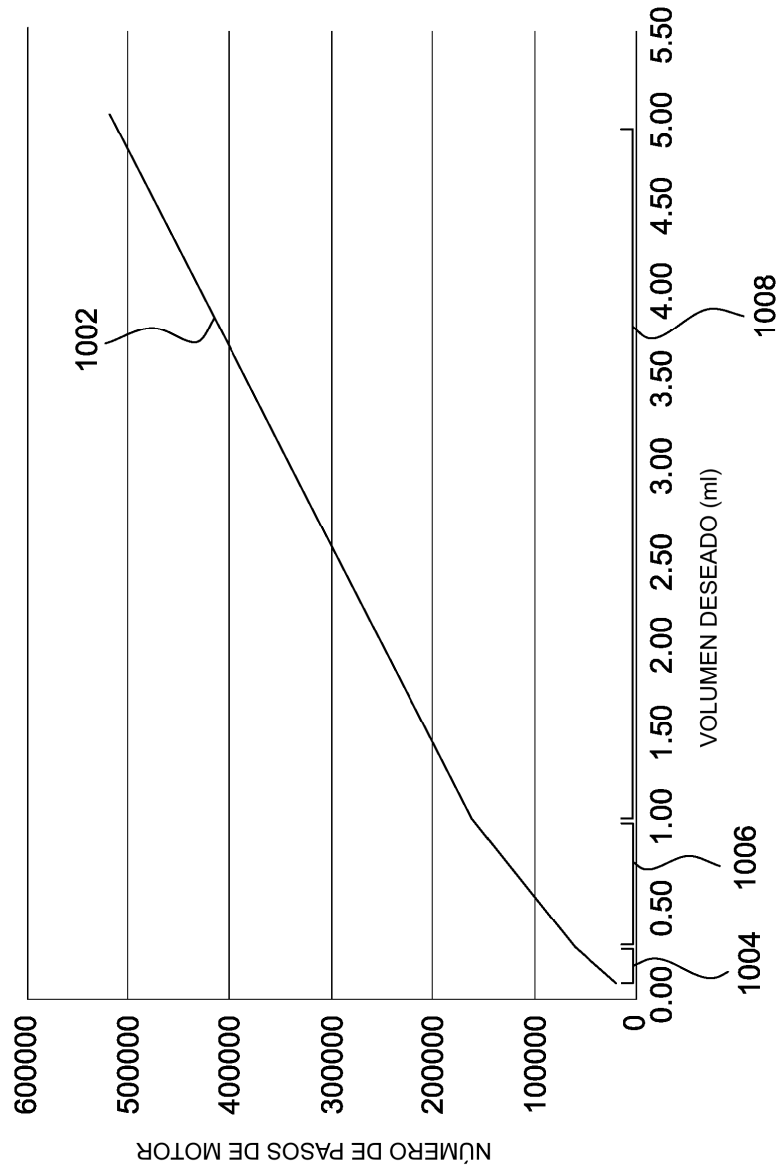


FIG. 10