

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 803 274**

51 Int. Cl.:

F04B 13/00 (2006.01)

F04B 43/12 (2006.01)

G21F 7/06 (2006.01)

G21G 1/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **30.12.2016 PCT/US2016/069409**

87 Fecha y número de publicación internacional: **09.11.2017 WO17192182**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.12.2016 E 16829215 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.05.2020 EP 3452722**

54 Título: **Bomba para operación en entorno radiactivo**

30 Prioridad:

04.05.2016 US 201662331651 P
29.12.2016 US 201615394272

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
25.01.2021

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

WALKER, MARTIN R.;
LENGER, RYAN W.;
GRAVES, KEVIN B. y
PETROFSKY, BRYAN S.

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 803 274 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

Bomba para operación en entorno radiactivo

5 Referencia cruzada a solicitudes relacionadas

Esta solicitud reivindica prioridad por la Solicitud de Patente Provisional de Estados Unidos número de serie 62/331.651, presentada el 4 de marzo de 2016, y la Solicitud de Patente no provisional de Estados Unidos número de serie 15/394.272, presentada el 29 de diciembre de 2016.

10

Campo

El campo de la descripción se refiere en general a sistemas de manejo de líquidos y, más en concreto, a una bomba para operación en un entorno radiactivo.

15

Antecedentes

En medicina nuclear se utiliza material radiactivo para fines de diagnóstico y terapéuticos inyectando a un paciente una dosis pequeña del material radiactivo, que se concentra en ciertos órganos o zonas del paciente. Los materiales radiactivos típicamente 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. Tales materiales radiactivos pueden producirse usando un generador de radionúclido. Los generadores de radionúclidos incluyen generalmente una columna que tiene medios para retener un radionúclido padre de vida larga que decae espontáneamente a un radionúclido hijo que tiene una vida media relativamente corta. La columna puede incorporarse a un conjunto de columna que tiene un orificio de salida a modo de aguja que recibe un vial evacuado para aspirar salina u otro líquido eluyente, proporcionado a un orificio de entrada a modo de aguja, a través de un recorrido de flujo del conjunto de columna, incluyendo la columna propiamente dicha. Este líquido puede eluir y distribuir radionúclido hijo de la columna y al vial evacuado para uso posterior en aplicaciones nucleares de formación de imágenes médicas, entre otros usos.

20

25

30

Durante el montaje de los generadores de radionúclidos, pueden formularse materiales radiactivos a partir de una forma concentrada en bruto a una forma que tiene una concentración deseada. Por ejemplo, los líquidos radiactivos pueden mezclarse de forma homogénea, ajustarse su pH, ser muestreados, diluidos y dispensados. Además, los líquidos radiactivos pueden ser transferidos entre recipientes.

35

Un sistema de la técnica anterior para montar generadores de radionúclidos se describe en el documento de Patente JP 2006 -349649 A.

40

Consiguientemente, se necesita un sistema de manejo de líquidos que dispense líquidos de forma exacta y precisa y que sea adecuado para uso con materiales radiactivos.

45

Esta sección de Antecedentes tiene la finalidad de introducir al lector en 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 al 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 ideas admitidas de la técnica anterior.

45

Breve resumen

50

En un aspecto, se proporciona un sistema para fabricar generadores de radionúclidos. El sistema incluye un recinto que define un entorno radiactivo. El recinto incluye blindaje contra radiación para evitar que la radiación de dentro del entorno radiactivo se desplace al exterior del recinto. El sistema también incluye una bomba dentro del recinto para transferir fluido a través de un tubo. La bomba incluye un cabezal de bomba incluyendo una caja, un rotor que gira en relación a la caja, y una abrazadera. El tubo se extiende a través del cabezal de bomba. La abrazadera comprime el tubo contra el rotor y dirige fluido radiactivo a través del tubo cuando el rotor gira. La bomba también incluye un servomotor que controla la rotación del rotor y un acoplamiento que conecta el cabezal de bomba al servomotor. El acoplamiento evita la holgura entre el servomotor y el rotor durante la rotación.

55

60

En otro aspecto, se proporciona una bomba para transferir fluido a través de un tubo en un entorno radiactivo. La bomba incluye un cabezal de bomba incluyendo una caja, un rotor que gira en relación a la caja, y una abrazadera. El tubo se extiende a través del cabezal de bomba. La abrazadera comprime el tubo contra el rotor y dirige fluido radiactivo a través del tubo cuando el rotor gira. El rotor incluye un eje enchavetado. La bomba también incluye un servomotor que controla la rotación del rotor e incluye un resolutor para generar señales relativas a la rotación del rotor. La bomba incluye además un acoplamiento que conecta el cabezal de bomba al servomotor. El acoplamiento está conectado al eje enchavetado para evitar la holgura entre el servomotor y el rotor durante la rotación.

65

En otro aspecto, se proporciona un método de transferir fluido a través de un tubo en un entorno radiactivo. El tubo se extiende a través de un cabezal de bomba de una bomba. La bomba incluye una caja, un rotor que gira en relación a la caja, y una abrazadera. El método incluye comprimir el tubo contra el rotor y girar el rotor para dirigir fluido a través del tubo. El rotor incluye un eje enchavetado. El método también incluye controlar la rotación del rotor usando un servomotor conectado al rotor por el eje enchavetado y un acoplamiento. El método incluye además enganchar el acoplamiento y el eje enchavetado para evitar la holgura entre el servomotor y el rotor durante la rotación.

Existen varios refinamientos de las características indicadas en relación a dichos aspectos. Otras características también pueden incorporarse a 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.

15 Breve descripción de los dibujos

La figura 1 es una vista esquemática de un sistema para producir generadores de radionúclidos.

La figura 2 es una vista esquemática de un sistema de manejo de fluidos.

La figura 3 es una vista isométrica de un cabezal de bomba del sistema de manejo de fluidos representado en la figura 2.

La figura 4 es una vista isométrica del cabezal de bomba con una abrazadera de cabezal quitada para mostrar un rotor del cabezal de bomba.

La figura 5 es una vista isométrica de dos estaciones de dispensación del sistema representado en la figura 1.

La figura 6 es una vista lateral de una estación de llenado.

La figura 7 es una vista isométrica de una bomba de dispensación de la estación de llenado representada en la figura 6.

La figura 8 es una vista isométrica de una estación de formulación del sistema representado en la figura 1.

La figura 9 es una vista isométrica de una bomba de la estación de formulación representada en la figura 8.

La figura 10 es una vista en sección de un acoplamiento para uso con las bombas representadas en las figuras 2, 7 y 9.

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

Descripción detallada

La figura 1 es una vista esquemática de un sistema 10 para fabricar generadores de radionúclidos. El sistema 10 representado en la figura 1 puede ser usado para producir varios generadores de radionúclidos, incluyendo, por ejemplo y sin limitación, generadores de tecnecio, generadores de indio, y generadores de estroncio. El sistema 10 de la figura 1 es especialmente adecuado para producir generadores de tecnecio. Un generador de tecnecio es un medicamento farmacéutico y dispositivo usado para crear soluciones inyectables estériles conteniendo Tc-99m, un agente usado en formación de imágenes para diagnóstico con una vida media radiológica relativamente corta de 6 horas, que permite que el Tc-99m sea eliminado de forma relativamente rápida del tejido humano. Tc-99m "se genera" mediante la decadencia natural de molibdeno ("Mo-99"), que tiene una vida media de 66 horas, que es deseable porque da al generador un período de validez relativamente largo de dos semanas. Durante la operación del generador (es decir, la elución con una solución salina), Mo-99 permanece químicamente unido a un lecho de alúmina central (es decir, un medio de retención) empaquetado dentro de la columna del generador, mientras que Tc-99m se lava libre a un vial de elución, preparado para inyección a un paciente. Aunque el sistema 10 se describe en este documento con referencia a generadores de tecnecio, se entiende que el sistema 10 puede ser usado para producir generadores de radionúclidos distintos de los generadores de tecnecio.

Como se representa en la figura 1, el sistema 10 incluye generalmente una pluralidad de estaciones o celdas. En la realización ejemplar, el sistema 10 incluye una estación de carga de bidones 12, una estación de formulación 14, una estación de activación 16, una estación de llenado/lavado 18, una estación de ensayo/carga en autoclave 20, una estación de autoclave ("Autoclaves") 22, una estación de descarga de autoclave 24, una estación de prueba de control de calidad 26, una estación de blindaje 28, y una estación de empaquetado 30.

- 5 La estación de carga de bidones 12 está configurada para recibir y manejar bidones o contenedores de material radiactivo, tal como un radionúclido padre, y transferir el material radiactivo a la estación de formulación 14. El material radiactivo puede ser transportado en recipientes y matraces de contención secundarios que hay que sacar de un bidón exterior antes de la formulación. La estación de carga de bidones 12 incluye utillaje adecuado y mecanismos para extraer recipientes y matraces de contención secundarios de bidones exteriores, con el fin de transferir matraces a la celda de formulación. Los dispositivos adecuados que pueden ser usados en la estación de carga de bidones incluyen, por ejemplo y sin limitación, telemanipuladores.
- 10 En la estación de formulación 14, el material radiactivo en bruto (es decir, Mo-99) es sometido a control de calidad, es tratado químicamente si es necesario, y luego se ajusta el pH mientras se diluye el material radiactivo en bruto a una concentración final deseada. El material radiactivo formulado se almacena en un recipiente de contención adecuado (por ejemplo, dentro de la estación de formulación 14).
- 15 Los conjuntos de columna conteniendo una columna de medio de retención (por ejemplo, alúmina) son activados en la estación de activación 16 para facilitar la unión del material radiactivo formulado con el medio de retención. En algunas realizaciones, los conjuntos de columna son activados por elución de los conjuntos de columna con un volumen adecuado de cloruro de hidrógeno (HCl) a un nivel de pH adecuado. Los conjuntos de columna se mantienen durante un tiempo mínimo de espera antes de cargar los conjuntos de columna con el radionúclido padre.
- 20 Después de la activación, los conjuntos de columna son cargados en la estación de llenado/lavado 18 usando un mecanismo de transferencia adecuado (por ejemplo, cajón de transferencia). Cada conjunto de columna se carga entonces con radionúclido padre por elución de solución radiactiva formulada (por ejemplo, Mo-99) procedente de la estación de formulación 14 a través de conjuntos de columna individuales usando sistemas adecuados de manejo de líquidos (por ejemplo, bombas, válvulas, etc). El volumen de solución radiactiva formulada eluida a través de cada conjunto de columna se basa en la actividad curie (Ci) deseada para el conjunto de columna correspondiente. El volumen eluido a través de cada conjunto de columna es equivalente a la actividad Ci total identificada al tiempo de la calibración del conjunto de columna. Por ejemplo, si un volumen de Mo-99 formulado requerido para hacer un Generador de 1,0 Ci (al tiempo de la calibración) es 'X', el volumen requerido para hacer un Generador de 19,0 Ci es simplemente 19 veces X. Después de un tiempo mínimo de espera, los conjuntos de columna cargados son eluidos con un volumen y concentración adecuados de ácido acético, seguido de elución con un volumen y concentración adecuados de salina para "lavar" los conjuntos de columna. Los conjuntos de columna se mantienen durante un tiempo mínimo de espera antes de realizar ensayos en los conjuntos de columna.
- 35 Los conjuntos de columna cargados y lavados son transferidos después a la estación de ensayo/carga en autoclave 20, en la que se toman ensayos de cada conjunto de columna para comprobar la cantidad de radionúclido padre e hijo producido durante la elución. Cada conjunto de columna es eluido con un volumen adecuado de salina, y la solución resultante es sometida a ensayo para comprobar los niveles de radionúclido padre e hijo en el ensayo. Donde el material radiactivo es Mo-99, las eluciones son sometidas a ensayo para Tc-99m y Mo-99. Se rechazan los conjuntos de columna que tienen un ensayo de radionúclido hijo (por ejemplo, Tc-99m) que cae fuera de un cálculo de rango aceptable. También son rechazados los conjuntos de columna que tienen una interferencia de radionúclido padre (por ejemplo, Mo-99) superior a un límite máximo aceptable.
- 40 Después del proceso de ensayo, se aplican tapones de punta al orificio de salida y el orificio de llenado del conjunto de columna. Los conjuntos de columna pueden estar provistos de tapones de punta ya aplicados al orificio de entrada. Si el conjunto de columna no está provisto de un tapón de punta preaplicado al orificio de entrada, se puede aplicar un tapón de punta antes, después o simultáneamente con la aplicación de tapones de punta al orificio de salida y el orificio de llenado. Los conjuntos de columna sometidos a ensayo, con tapones de punta, son cargados después en un esterilizador de autoclave situado en la estación de autoclave para esterilización terminal. Los conjuntos de columna sellados se someten a un proceso de esterilización en autoclave dentro de la estación de autoclave para producir conjuntos de columna con esterilización terminal.
- 45 Después del ciclo de esterilización en autoclave, los conjuntos de columna son descargados de la estación de autoclave a la estación de descarga de autoclave 24. Los conjuntos de columna son transferidos después a la estación de blindaje 28 para blindaje.
- 50 Algunos conjuntos de columna son transferidos a la estación de prueba de control de calidad 26 para control de calidad. En la realización ejemplar, la estación de prueba de control de calidad 26 incluye un aislador de prueba QC que se sanitiza antes de la prueba QC, y mantiene a presión positiva y en un entorno de sala limpia de grado A para minimizar las posibles fuentes de contaminación. Los conjuntos de columna son eluidos asépticamente para muestreo QC en proceso, y son sometidos a pruebas de esterilidad dentro del aislador de la estación de prueba de control de calidad 26. Se aplican nuevos tapones de punta a las agujas de entrada y salida de los conjuntos de columna antes de que los conjuntos de columna sean transferidos de nuevo a la estación de descarga de autoclave 24.
- 55 El sistema 10 incluye un mecanismo de transferencia adecuado para transferir conjuntos de columna desde la estación de descarga de autoclave 24 (que se mantiene en un entorno de sala limpia de presión diferencial negativa,
- 60
- 65

de Grado B) al aislador de la estación de prueba de control de calidad 26. En algunas realizaciones, los conjuntos de columna sometidos a prueba de control de calidad pueden ser transferidos desde la estación de prueba de control de calidad 26 de nuevo a la estación de descarga de autoclave 24, y pueden ser reesterilizados y retestados, o reesterilizados y empaquetados para transporte. En otras realizaciones, los conjuntos de columna son desechados después de someterlos a prueba QC.

En la estación de blindaje 28, los conjuntos de columna procedentes de la estación de descarga de autoclave 24 son inspeccionados visualmente para detectar la presencia de partes de cierre de recipientes, y luego se colocan dentro de un recipiente de protección contra la radiación (por ejemplo, un obturador de plomo). El recipiente de blindaje contra radiación se introduce en una caja de seguridad apropiada hecha de material adecuado de blindaje contra la radiación (por ejemplo, plomo, tungsteno o uranio empobrecido). A continuación, los conjuntos de columna blindados son sacados de la estación de blindaje 28.

En la estación de empaquetado 30, los conjuntos de columna blindados de la estación de blindaje 28 son colocados en cubos preetiquetados con etiquetas de regulación apropiadas (por ejemplo, FDA). También se imprime y aplica a cada cubo una etiqueta que identifica de forma única cada generador. Luego se aplica una campana a cada cubo. A continuación se aplica un mango a cada campana.

El sistema 10 puede incluir generalmente cualesquiera sistemas y dispositivos de transporte adecuados para facilitar la transferencia de conjuntos de columna entre estaciones. En algunas realizaciones, por ejemplo, cada una de las estaciones incluye al menos un telemanipulador para que un operador situado fuera del entorno de celda caliente (es decir, dentro de la sala o laboratorio circundante) pueda manipular y transferir conjuntos de columna dentro del entorno de celda caliente. Además, en algunas realizaciones, el sistema 10 incluye un sistema de transporte para transportar automáticamente conjuntos de columna entre las estaciones y/o entre subestaciones dentro de una o varias estaciones (por ejemplo, entre una subestación de llevado y una subestación de lavado dentro de la estación de llenado/lavado 18).

En la realización ejemplar, algunas estaciones del sistema 10 incluyen y/o están encerradas dentro de una cámara blindada de contención de radiación nuclear, también denominada en este documento una "celda caliente". Las celdas calientes incluyen generalmente un recinto construido de material de blindaje a la radiación nuclear diseñado para proteger el entorno circundante contra la radiación nuclear. Los materiales de blindaje adecuados a partir de los que se pueden construir las celdas calientes incluyen, por ejemplo y sin limitación, plomo, uranio empobrecido y tungsteno. En algunas realizaciones, las celdas calientes se construyen a partir de paredes de plomo recubiertas con acero formando un cuboide o prisma rectangular. En algunas realizaciones, una celda caliente puede incluir una ventana de visión construida de un material de blindaje transparente. Los materiales adecuados a partir de los que se pueden construir las ventanas de visión incluyen, por ejemplo y sin limitación, vidrio de plomo. En la realización ejemplar, cada una de la estación de carga de bidones 12, la estación de formulación 14, la estación de llenado/lavado 18, la estación de ensayo/carga en autoclave 20, la estación de autoclave, la estación de descarga de autoclave 24 y la estación de blindaje 28 incluye y/o está encerrada dentro de una celda caliente.

En algunas realizaciones, una o varias estaciones se mantienen en una sala limpia de cierto grado (por ejemplo, Grado B o Grado C). En la realización ejemplar, las celdas calientes preautoclave (es decir, la estación de carga de bidones 12, la estación de formulación 14, la estación de llenado/lavado 18, la estación de ensayo/carga en autoclave 20) se mantienen en un entorno de sala limpia de Grado C, y la celda o estación de descarga de autoclave 24 se mantiene en un entorno de sala limpia de Grado B. La estación de blindaje 28 se mantiene en un entorno de sala limpia de Grado C. La estación de empaquetado 30 se mantiene en un entorno de sala limpia de Grado D.

Adicionalmente, la presión dentro de una o varias estaciones del sistema 10 puede ser controlada a una presión diferencial negativa o positiva con referencia al entorno circundante y/o con relación a celdas o estaciones adyacentes. En algunas realizaciones, por ejemplo, todas las celdas calientes se mantienen a una presión negativa con relación al entorno circundante. Además, en algunas realizaciones, el aislador de la estación de prueba de control de calidad 26 se mantiene a una presión positiva con relación al entorno circundante y/o con relación a estaciones adyacentes del sistema 10 (por ejemplo, con relación a la estación de descarga de autoclave 24).

En esta realización, el sistema 10 incluye sistemas de manejo de líquidos para manejar líquidos de forma rápida, exacta y precisa. Al menos parte de los sistemas de manejo de líquidos están dispuestos en las celdas calientes y/o manejan líquidos radiactivos. Consiguientemente, los sistemas de manejo de líquidos pueden resistir la radiación que dañaría a las personas y la mayor parte del equipo electrónico. Por ejemplo, los sistemas de manejo de líquidos pueden manejar una solución de molibdeno-99 (Mo-99) que puede distribuir una dosis de radiación letal en menos de 5 minutos a un observador no protegido que esté a aproximadamente 30 cm (12 pulgadas). En otros términos, los operadores situados en la zona de la solución de Mo-99 estarían expuestos a un campo igual a 54 Sv (5,4 millones de milirem) por hora (mREM/h), o 54.000 veces más grande que el estándar de la Comisión Reguladora Nuclear para una zona de alta radiación. En el sentido en que se usa en toda esta descripción, el término "zona de alta radiación" se refiere a una zona en la que los niveles de radiación exceden de 1 mSv/h (100 mREM/h) a 30 centímetros de la fuente de radiación.

- Los sistemas descritos de manejo de líquidos resisten las dosis de radiación relativamente altas en la zona de alta radiación con deterioro mínimo. Además, los sistemas de manejo de líquidos no están blindados para reducir la cantidad de espacio ocupado por los sistemas de manejo de líquidos. Los sistemas de manejo de líquidos pueden ser usados para transportar cualesquiera líquidos, incluyendo materiales radiactivos y no radiactivos. Por ejemplo, los sistemas de manejo de líquidos pueden dispensar líquidos farmacéuticos radiactivos altos tales como soluciones inyectables limpias. Al menos algunos sistemas de manejo de líquidos dispensan automáticamente los líquidos. En realizaciones alternativas, el sistema 10 puede incluir cualesquiera sistemas de manejo de líquidos que permiten que el sistema 10 opere como se ha descrito.
- La figura 2 es una vista esquemática de un sistema de manejo de líquidos 100 para uso con el sistema 10. En esta realización, el sistema de manejo de líquidos 100 incluye al menos una bomba de desplazamiento positivo 102, o más específicamente, una bomba peristáltica, y un controlador 200. Cada bomba 102 incluye un cabezal de bomba 104, un tubo 106, un servomotor 108 con cableado de potencia y realimentación, y un acoplamiento 110 que conecta el cabezal de bomba al servomotor.
- En referencia a las figuras 2, 3 y 4, el cabezal de bomba 104 incluye una caja 112, un rotor 114 con un eje enchavetado 115, y una abrazadera de cabezal 116. La caja 112 define un espacio interior 118 y encierra al menos parcialmente el rotor 114. La abrazadera de cabezal 116 comprime el tubo 106 contra el rotor 114. El rotor 114 gira en relación a la caja 112 dentro del espacio interior 118. El servomotor 108 controla la rotación del rotor 114 y transmite señales relativas a la rotación del rotor. Un ejemplo de un cabezal de bomba adecuado es un cabezal de bomba FLEXICON que se puede obtener de WATSON-MARLOW, INC.
- El tubo 106 se extiende generalmente a través del cabezal de bomba 104 y transporta fluido a través de la bomba 102. El rotor 114 incluye una pluralidad de cabezales de rotor 120 que están espaciados de la abrazadera de cabezal 116 una distancia menor que el diámetro exterior del tubo 106. El tubo 106 está comprimido entre los cabezales de rotor 120 y la abrazadera de cabezal 116. Los cabezales de rotor 120 se mueven a lo largo del tubo 106 cuando el rotor 114 gira. Como resultado, el fluido del tubo 106 es dirigido a través del cabezal de bomba 104 cuando el rotor 114 gira. Consiguientemente, en esta realización la bomba 102 es una bomba peristáltica.
- Por ejemplo, la bomba 102 puede dispensar fluidos a una velocidad de aproximadamente 12 mililitros por segundo (ml/s) usando un tubo de 3,2 milímetros (mm) de DI. La bomba 102 de esta realización dispensa líquidos sin utilizar una boquilla. El volumen de líquido dispensado puede ser del rango de aproximadamente 2,5 mililitros (ml) a aproximadamente 60 ml. Las limitaciones de la exactitud pueden depender del tamaño y del tipo del tubo 106. Por ejemplo, un tubo de DI más pequeño puede permitir mayor exactitud para dispensar volúmenes más pequeños. En esta realización, el tubo 106 se hace de silicona. Consiguientemente, el tubo 106 puede quitarse y sustituirse para eliminar la contaminación cruzada entre lotes, y para sacar de la zona consumibles radiactivamente contaminados. En realizaciones alternativas, los sistemas de manejo de líquidos pueden incluir cualquier tubo que permita que los sistemas de manejo de líquidos operen como se ha descrito.
- El sistema de manejo de líquidos 100 es capaz de resistir altos niveles de radiación. Por ejemplo, el cabezal de bomba 104, los ejes, los acoplamientos, los motores, los mecanismos de realimentación y el cableado son capaces de resistir altos niveles de radiación. El cableado eléctrico está aislado usando materiales, tal como poliuretano, que son adecuados para resistir altos niveles de radiación.
- Con referencia a la figura 2, en esta realización, un acoplamiento de holgura cero 110 está colocado entre el cabezal de bomba 104 y el servomotor 108, enchavetado en el eje de cabezal de bomba 115 y el eje motor 122. Consiguientemente, el acoplamiento enchavetado 110 elimina la holgura entre el cabezal de bomba 104 y el rotor 114. En realizaciones alternativas, el sistema de manejo de líquidos puede incluir cualquier acoplamiento 110 que permita al sistema de manejo de líquidos funcionar como se ha descrito.
- El servomotor 108 y el cabezal de bomba 104 están conectados por los ejes 115, 122 y el acoplamiento 110. Los ejes 115, 122 y el acoplamiento 110 permiten que el servomotor 108 esté espaciado del cabezal de bomba 104 y evitan la holgura. En particular, el eje 115 se extiende desde el cabezal de bomba 104 hacia el servomotor. El eje 122 se extiende desde el servomotor 108 hacia el cabezal de bomba 104. El acoplamiento 110 conecta el eje 115 y el eje 122. Al menos uno de los ejes 115, 122 está enchavetado para enganchar el acoplamiento enchavetado 110 y evitar la holgura durante la rotación del rotor 114. En esta realización, todos los ejes 115 y 122 están enchavetados para evitar que el acoplamiento se mueva relativamente axialmente, es decir, que deslice, durante la operación de las bombas 102.
- Durante la operación, el servomotor 108 gira el eje 122 que hace que el acoplamiento 110 y el eje 115 giren. El eje 115 está acoplado al rotor 114 (representado en la figura 4) de tal manera que la rotación del eje 115 haga que el rotor 114 gire. En realizaciones alternativas, el servomotor 108 y el cabezal de bomba 104 pueden estar conectados de cualquier manera que permita que la bomba 102 opere como se ha descrito.
- En algunas realizaciones, el cabezal de bomba 104 y el servomotor 108 están espaciados y conectados por los ejes 115, 122 y una pluralidad de acoplamientos 110. En otras realizaciones, los ejes 115, 122 y/o los acoplamientos 110

- están inclinados para permitir que el cabezal de bomba 104 y el servomotor 108 estén espaciados en más de una dirección. Además, el cabezal de bomba 104 puede estar segregado y sellado en un entorno limpio para dispensación aséptica y sanitización, sin exponer zonas de producción limpias a hardware de control de bomba. En algunas realizaciones, el cabezal de bomba 104 es un cabezal de bomba de grado farmacéutico. En el sentido en
- 5 que se usa en este documento, el término "grado farmacéutico" se refiere a equipo que se fabrica a partir de materiales no oxidantes y resiste la sanitización. Además, el equipo de grado farmacéutico no tiene superficies rebajadas o puntiagudas. Por ejemplo, el equipo de grado farmacéutico puede fabricarse a partir de acero inoxidable de calibre 316 e incluir esquinas redondeadas y superficies a nivel.
- 10 El servomotor puede ser un servomotor 108 controlado por un controlador lógico programable (PLC) para permitir un control altamente exacto y repetible del movimiento. Además, el servomotor 108 puede ser un servomotor AC con realimentación de resolutor. En realizaciones alternativas, la bomba 102 puede incluir cualesquiera servomotores que permitan que el sistema de aplicación de fluido opere como se ha descrito.
- 15 El servomotor 108 puede controlar la aceleración, la deceleración, la velocidad y/o el perfil de movimiento del cabezal de bomba. Por ejemplo, el servomotor 108 puede controlar la aceleración del rotor 114 (representada en la figura 4) a partir de una posición parada. Además, el servomotor puede mantener el rotor 114 a una velocidad de estado de régimen y puede controlar la deceleración del rotor. Además, el servomotor 108 puede proporcionar un
- 20 perfil de movimiento deseado incluyendo una curva trapezoidal (velocidades de rampa lineal) o S (aceleración/deceleración lineales). La capacidad de par relativamente alta del servomotor 108 y la realimentación basada en resolutor reducen el calado y el resbalamiento de los perfiles de movimiento ordenados. Por ejemplo, el servomotor 108 es adecuadamente un servomotor de par alto, tal como un servomotor de 480 voltios de corriente alterna (3 fases) con realimentación continua fina basada en resolutor. El acoplamiento 110 entre el servomotor 108 y el cabezal de bomba 104 elimina el resbalamiento y el error debido a la inercia rotacional del motor o cabezal de
- 25 bomba. El par alto permite al servomotor 108 superar la resistencia del rotor contra un tubo lleno de líquido. La rotación del cabezal de bomba 104 y cualesquiera otros parámetros de movimiento pueden ser controlados mediante una instrucción lógica.
- El servomotor 108 está equipado con un mecanismo de realimentación basado en resolutor que es tolerante a la radiación. Un resolutor 113 rastrea de forma continua la rotación del rotor. En esta realización, el resolutor es magnético. Consiguientemente, el servomotor 108 resiste el entorno radiactivo mejor que otros servomotores que pueden incluir codificadores ópticos y pueden deteriorarse y fallar en entornos radiactivos. Por ejemplo, los codificadores incluyen óptica y electrónica que no resisten un entorno de alta radiación sin un blindaje completo
- 30 contra la radiación. En contraposición a tales sistemas, en esta realización, el servomotor 108 no incluye un codificador y/o equipo electrónico que no resisten los entornos radiactivos. El servomotor 108 incluye el resolutor 113 que resiste el entorno de alta radiación y no requiere un blindaje completo contra la radiación. En realizaciones alternativas, el servomotor 108 puede incluir cualquier resolutor que permita que el servomotor opere como se ha descrito. En otras realizaciones, el resolutor 113 se omite.
- 35 El resolutor 113 puede proporcionar realimentación de al menos aproximadamente 200.000 pasos por 360 grados de revolución del rotor 114 (representado en la figura 3). Consiguientemente, el servomotor 108 puede comparar el movimiento rotacional planificado con el movimiento rotacional real para 1/200.000 de una revolución, siguiendo al mismo tiempo un perfil de movimiento específico de inicio a fin. Si la rotación del rotor 114 se interrumpe por cualquier razón (por ejemplo, pérdida de potencia, fallo de servo accionamiento, etc), la bomba 102 es capaz de
- 40 recuperar exactamente y completar la dispensación original porque el resolutor 113 rastrea automáticamente pistas con exactitud qué parte del movimiento original se completó, y qué parte queda.
- Se comprobaron realizaciones del servomotor 108 (incluyendo el resolutor integrado 113) exponiendo los servomotores a 400 kilograys de radiación ionizante de una fuente de cobalto-60 (Co-60). La fuente de Co-60 proporcionó una equivalente de 400000 Sv (40 millones de REMs) de exposición a radiación gamma. El servomotor 108 se comprobó en banco antes y después de la irradiación. Los resultados de la comprobación en banco no indican degradación de rendimiento después de la irradiación. La exposición comprobada de 400 kilograys de radiación representa 20 años de exposición esperada a radiación de Mo-99 en proximidad del peor caso sin blindaje.
- 45 Las bombas 102 pueden usarse para dispensar fluido no radiactivo y/o fluido radiactivo dentro y fuera de la celda caliente. Por ejemplo, las bombas 102 pueden dispensar ácido acético, agua purificada para inyección, y/o cualesquiera otros líquidos. Los líquidos pueden ser usados para activar un material en conjuntos de columna, para lavar conjuntos de columna, y/o para probar conjuntos de columna. Consiguientemente, las bombas pueden incluirse en cualesquiera celdas del sistema 10 tales como una celda de activación, una celda de formulación, una celda de
- 50 llenado, una celda de lavado y una celda de ensayo.
- Con referencia a la figura 2, el controlador 200 incluye al menos un dispositivo de memoria 202 y un procesador 204 que está acoplado al dispositivo de memoria 202 para ejecutar instrucciones. En esta realización, las instrucciones ejecutables están almacenadas en el dispositivo de memoria 202, y el controlador 200 realiza una o varias
- 55 operaciones aquí descritas programando el procesador 204. Por ejemplo, el procesador 204 puede programarse

codificando una operación como una o varias instrucciones ejecutables y proporcionando las instrucciones ejecutables en el dispositivo de memoria 202.

5 El procesador 204 puede incluir una o varias unidades de procesamiento (por ejemplo, en una configuración multinúcleo). Además, el procesador 204 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 204 puede ser un sistema multiprocesador simétrico conteniendo múltiples procesadores del mismo tipo. Además, el procesador 204 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 204 controla la operación de los sistemas de manejo de fluidos enviando señales de control a componentes del sistema de manejo de fluidos. Además, en esta realización, el procesador 204 determina un volumen de dispensación en base a instrucciones de programa y/o entradas de usuario.

20 El dispositivo de memoria 202 es uno o varios dispositivos que permiten almacenar y recuperar información como instrucciones ejecutables y/u otros datos. El dispositivo de memoria 202 puede incluir uno o varios medios legibles por ordenador, tal 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 202 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.

25 En esta realización, el controlador 200 incluye una interfaz de presentación 206 que está conectada al procesador 204. La interfaz de presentación 206 presenta información, tal como código fuente de aplicación y/o eventos de ejecución, a un usuario 212, tal como un técnico u operador. Por ejemplo, la interfaz de presentación 206 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 de LED orgánico (OLED), y/o una pantalla de "tinta electrónica". La interfaz de presentación 206 puede incluir uno o varios dispositivos de visualización. En esta realización, la interfaz de presentación 206 visualiza los volúmenes de dispensación y/o transferencia del sistema de manejo de fluidos.

35 El controlador 200 también incluye una interfaz de entrada de usuario 208 en esta realización. La interfaz de entrada de usuario 208 está conectada al procesador 204 y recibe entrada del usuario 212. La interfaz de entrada de usuario 208 puede incluir, por ejemplo, un teclado, un dispositivo puntero, un ratón, una pluma, 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 audio de usuario. Un solo componente, tal como una pantalla táctil, puede funcionar como un dispositivo de visualización de la interfaz de presentación 206 y como la interfaz de entrada de usuario 208.

40 En esta realización, el controlador 200 incluye además una interfaz de comunicación 210 conectada al procesador 204. La interfaz de comunicación 210 comunica con uno o varios dispositivos remotos, tales como el servomotor 108. En esta realización, el controlador 200 está separado del servomotor 108 y situado fuera del entorno radiactivo. En algunas realizaciones, al menos una parte del controlador 200 puede estar integrada con el servomotor 108. En realizaciones alternativas, el controlador 200 puede incluir cualquier componente que permita que el sistema de manejo de fluidos opere como se ha descrito.

50 La figura 5 es una vista isométrica de una estación de llenado 18 del sistema 10. La figura 6 es una vista lateral de la estación de llenado 18. La estación de llenado 18 incluye dos bombas de llenado 300 para dispensar líquido radiactivo dentro de las celdas calientes. En realizaciones alternativas, la estación de llenado puede incluir cualquier bomba que permita que el sistema 10 opere como se ha descrito. Además, la estación de llenado 18 incluye brazos 301 que giran y soportan el tubo 106. Los brazos 301 proporcionan soporte consistente al tubo 106 y evitan la unión del tubo. En esta realización, la estación de llenado 18 incluye dos brazos 301, uno para cada estación de dispensación. En realizaciones alternativas, la estación de llenado 18 puede incluir cualesquiera componentes que permitan que la estación de llenado opere como se ha descrito.

55 Las bombas de llenado 300 pueden ser usadas para dispensar cualesquiera fluidos no reactivos y reactivos. En esta realización, las bombas de llenado 300 dispensan Mo-99 a los conjuntos de columna. Las bombas de llenado 300 dispensan una cantidad exacta y precisa del líquido radiactivo a los conjuntos de columna dentro de tolerancias muy estrictas. Por ejemplo, las bombas de llenado 300 pueden lograr tolerancias de dispensación mejores de +/- 1,0% de un volumen deseado, mejores de +/- 0,1% de un volumen deseado, mejores de +/- 0,01 % de un volumen deseado, mejores de +/- 0,001 % de un volumen deseado, e incluso hasta +/- 0,0001% de un volumen deseado.

65 La figura 7 es una vista isométrica de una de las bombas de llenado 300. La bomba de llenado 300 incluye un cabezal de bomba 302, un servomotor 304 con cableado de potencia y realimentación, ejes enchavetados 306, y acoplamientos enchavetados 308. Los ejes 306 y los acoplamientos 308 se extienden entre el cabezal de bomba

302 y el servomotor 304 y los conectan. Consiguientemente, el cabezal de bomba 302 puede estar colocado en una zona de procesamiento limpia y el servomotor 304 puede estar colocado a una distancia del cabezal de bomba 302 para separar el servomotor de la zona de procesamiento limpia.

- 5 El cabezal de bomba 302 incluye una abrazadera de cabezal 310, una caja 311, un rotor, una entrada de fluido 314, y una salida de fluido 312. Durante la operación de la bomba 300, entra fluido a la caja 311 a través de la entrada de fluido 314, el fluido es dirigido a través del cabezal de bomba 302 por un rotor dentro del cabezal de bomba 302, y el fluido sale de la caja 311 a través de la salida de fluido 312.
- 10 Los ejes enchavetados 306 y los acoplamientos 308 permiten que el servomotor 304 controle el movimiento rotacional del rotor dentro del cabezal de bomba 302. En particular, los acoplamientos 308 conectan un eje medio 306 a un eje de cabezal de bomba 306 y un eje de servomotor 306. Los acoplamientos 308 son del tipo de holgura cero, e incluyen características de manipulación que evitan el resbalamiento rotacional en el eje de cabezal de bomba y en el eje de servomotor. Consiguientemente, los acoplamientos 308 y los ejes enchavetados 306 eliminan la holgura durante el movimiento del motor y la bomba. En realizaciones alternativas, la bomba 300 puede incluir cualesquiera acoplamientos y ejes que permitan que la bomba 300 opere como se ha descrito.

El servomotor 304 controla el cabezal de bomba 302 y por ello la dispensación de líquido. Un controlador lógico programable (PLC) controla un servo accionamiento externo, que controla el servomotor 304, que controla exactamente el cabezal de bomba 302. El control es intrínseco al PLC. Ejemplos de entornos de control para el servomotor 304 se exponen en el gráfico siguiente.

Parámetros del servomotor para dispensación de un líquido radiactivo

| Parámetro | Volumen de llenado bajo | Volumen de llenado alto |
|-----------------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Volumen de dispensación (ml) | < 12,0 | >= 12,0 |
| Velocidad (ml/s) | 13,0 | 13,0 |
| Aceleración (ml/s ²) | 20,0 | 40,0 |
| Deceleración (ml/s ²) | 40,0 | 20,0 |
| Perfil de movimiento | Curva S | Curva S |

25 La figura 8 es una vista isométrica de una estación de formulación 14 del sistema 10. La estación de formulación 14 incluye tres bombas 400 para transferir líquido radiactivo en masa dentro de celdas calientes. Por ejemplo, las bombas de transferencia en masa 400 pueden sacar Mo-99 de matraces de transporte y transferir el Mo-99 a un recipiente de formulación. En realizaciones alternativas, la estación de formulación 14 puede incluir cualquier bomba que permita que la estación de formulación opere como se ha descrito.

La figura 9 es una vista isométrica de una bomba de transferencia en masa 400 de la estación de formulación 14. La bomba de transferencia en masa 400 incluye un cabezal de bomba 402, un servomotor 404 con realimentación y cableado de potencia, ejes enchavetados 406, acoplamientos 408 y un codo 410. Los ejes 406, los acoplamientos 408 y el codo 410 se extienden entre el cabezal de bomba 402 y el servomotor 404 y los conectan. La bomba 400 incluye tres acoplamientos 408. Uno de los acoplamientos 408 está dispuesto adyacente a cada uno del cabezal de bomba 402, el codo 410 y el servomotor 404. El codo 410 conecta el servomotor 404 al cabezal de bomba 402 de tal manera que el servomotor 404 pueda estar espaciado del cabezal de bomba 402 en al menos dos direcciones. Además, los acoplamientos 408 y el codo 410 permiten colocar la bomba de transferencia 400 para maximizar el uso del espacio. Los acoplamientos 408 son del tipo de holgura cero, e incluyen características de manipulación que evitan el resbalamiento rotacional en el eje de cabezal de bomba 406 y en el eje motor 406. El servomotor 404 está separado del cabezal de bomba 402 por una plataforma de trabajo limpia para evitar la contaminación del fluido.

El cabezal de bomba 402 incluye una abrazadera de cabezal 411, una caja 412, un rotor, una entrada de fluido 414 y una salida de fluido 416. Durante la operación de la bomba 400, entra fluido a la caja 412 a través de la entrada de fluido 414, el fluido es dirigido a través del cabezal de bomba 402 por un rotor dentro del cabezal de bomba 402, y el fluido sale de la caja 412 a través de la salida de fluido 416. El eje permite que el servomotor 404 controle el movimiento rotacional del rotor dentro del cabezal de bomba 402.

La figura 10 es una vista en sección de un acoplamiento 500 para uso con las bombas 102, 300 y 400. El acoplamiento 500 incluye una primera parte de extremo 502, una segunda parte de extremo 504, y un fuelle 506 que se extiende entre la primera parte de extremo y la segunda parte de extremo. La primera parte de extremo 502 y la segunda parte de extremo 504 incluyen aberturas 508 para recibir ejes. Además, la primera parte de extremo 502 y la segunda parte de extremo 504 incluyen una chaveta 510 para enganchar ejes enchavetados. Consiguientemente, el acoplamiento 500 conecta los ejes y evita la holgura entre los ejes. Un ejemplo de un acoplamiento adecuado 500 es un acoplamiento de fuelle metálico Gerwah, serie AKN, que se puede obtener de Ringfeeder Power Transmission, GMBH.

- 5 Durante la operación, se inserta un eje enchavetado en la primera parte de extremo 502 y/o la segunda parte de extremo 504 del acoplamiento de tal manera que una chaveta del eje se extienda y deslice a lo largo del chavetero 510. El eje enchavetado y/o el acoplamiento 500 se giran para enganchar la chaveta en el chavetero 510. En realizaciones alternativas, el acoplamiento 500 y el eje pueden enganchar de cualquier manera que permita que el acoplamiento 500 funcione como se ha descrito. Por ejemplo, en algunas realizaciones, el acoplamiento 500 puede estar enchavetado y el eje puede incluir una chaveta.
- 10 En esta realización, el acoplamiento 500 es cilíndrico y se extiende linealmente desde la primera parte de extremo 502 a la segunda parte de extremo 504. Consiguientemente, los ejes enchavetados conectados al acoplamiento 500 están alineados axialmente uno con otro y con el acoplamiento. En realizaciones alternativas, el acoplamiento 500 puede tener cualquier forma y puede extenderse en cualquier dirección. Por ejemplo, en algunas realizaciones, el acoplamiento 500 puede estar inclinado para conectar ejes que se extiendan en direcciones diferentes.
- 15 Las realizaciones de los sistemas y métodos descritos proporcionan varias ventajas sobre los sistemas conocidos. Por ejemplo, las realizaciones de los sistemas y métodos dispensan volúmenes exactos y precisos de fluidos no radiactivos y radiactivos. Además, los sistemas de manejo de fluidos no son sensibles a los niveles de radiación y pueden operar en un entorno radiactivo sin estar blindados contra la radiación. Por ejemplo, los sistemas de manejo de fluidos incluyen un cabezal de bomba conectado a un servomotor mediante acoplamientos enchavetados de holgura cero. Los componentes de control están segregados de la bomba para poder colocar la bomba dentro del entorno de alta radiación sin componentes de control que se deterioren debido a la radiación. El servomotor proporciona un control continuo del cabezal de bomba e incluye un resolutor integrado para proporcionar realimentación del cabezal de bomba. Además, los sistemas de manejo de fluidos proporcionan una tasa de bombeo incrementada.
- 20
- 25 Las realizaciones de los sistemas de manejo de fluidos reducen la contaminación durante el procesamiento de materiales radiactivos. Los sistemas de manejo de fluidos incluyen un tubo desechable que contiene contaminación radiológica y puede ser sustituido después del uso para eliminar la contaminación química y biológica entre lotes. Además, los sistemas de manejo de fluidos incluyen bombas con servomotores que están separados de la zona de procesamiento limpia para reducir la contaminación. Las bombas no son contaminadas por el líquido radiactivo y pueden limpiarse fácilmente entre lotes. Además, las bombas son más rápidas que los sistemas tales como bombas de jeringa movidas por motor paso a paso, bombas de jeringa movidas neumáticamente, y bombas gravimétricas de dispensación. Además, las bombas no requieren colocar objetos en una balanza y son utilizables con un rango más amplio de materiales que al menos algunas bombas conocidas.
- 30
- 35 Al presentar elementos de la presente invención o su(s) realización(es), los artículos “un/uno/una”, “el/la” y “dicho/dicha” se entienden en el sentido de que hay uno o varios elementos. Los términos “comprender”, “incluir” y “tener” se entienden en sentido inclusivo y significan que puede haber elementos adicionales distintos de los elementos enumerados.
- 40 Dado que podrían hacerse varios cambios en las construcciones y los métodos anteriores sin apartarse del alcance de la invención, se ha previsto que toda la materia contenida en la descripción anterior y representada en los dibujos acompañantes sea interpretada como ilustrativa y no en sentido limitativo.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema (10) para fabricar generadores de radionúclidos, incluyendo el sistema:
- 5 un recinto que define un entorno radiactivo, incluyendo el recinto blindaje contra radiación para evitar que la radiación dentro del entorno radiactivo se desplace al exterior del recinto; y
- una bomba (102) dentro del recinto para transferir fluido a través de un tubo, **caracterizado porque** la bomba incluye:
- 10 un cabezal de bomba (104) incluyendo una caja (112), un rotor (114) que gira en relación a la caja, y una abrazadera (116), extendiéndose el tubo a través del cabezal de bomba, comprimiendo la abrazadera el tubo contra el rotor y dirigiendo fluido radiactivo a través del tubo cuando el rotor gira;
- 15 un servomotor (108) que controla la rotación del rotor; y
- un acoplamiento (110) que conecta el cabezal de bomba al servomotor, donde el acoplamiento evita la holgura entre el servomotor y el rotor durante la rotación.
- 20 2. El sistema de la reivindicación 1, donde el servomotor incluye un resolutor (113) para generar señales relativas a la rotación del rotor.
3. El sistema de la reivindicación 1, donde la bomba incluye además cables conectados al servomotor, incluyendo los cables aislamiento de poliuretano para resistir los efectos de la radiación.
- 25 4. El sistema de la reivindicación 1, donde la bomba incluye además:
- un primer eje enchavetado (115) que se extiende entre el acoplamiento y el rotor, donde el primer eje enchavetado está enganchado con el acoplamiento; y
- 30 un segundo eje enchavetado (122) que se extiende entre el acoplamiento y el servomotor, donde el segundo eje enchavetado está enganchado con el acoplamiento.
5. El sistema de la reivindicación 1, donde el acoplamiento es un primer acoplamiento, incluyendo además la bomba un segundo acoplamiento y un eje que se extiende entre el primer acoplamiento y el segundo acoplamiento.
- 35 6. El sistema de la reivindicación 1, donde el cabezal de bomba es un cabezal de bomba peristáltica y está colocado dentro de un entorno limpio, y donde el cabezal de bomba está separado del servomotor para evitar la contaminación del fluido.
- 40 7. Una bomba (102) para transferir fluido a través de un tubo en un entorno radiactivo, incluyendo dicha bomba:
- un cabezal de bomba (104) incluyendo una caja (112), un rotor (114) que gira en relación a la caja, y una abrazadera, extendiéndose el tubo a través del cabezal de bomba, comprimiendo la abrazadera el tubo contra el rotor y dirigiendo fluido radiactivo a través del tubo cuando el rotor gira, incluyendo el rotor un eje enchavetado;
- 45 un servomotor (108) que controla la rotación del rotor e incluye un resolutor para generar señales relativas a la rotación del rotor; y
- 50 un acoplamiento (110) que conecta el cabezal de bomba al servomotor, donde el acoplamiento está conectado al eje enchavetado para evitar la holgura entre el servomotor y el rotor durante la rotación.
8. La bomba de la reivindicación 7, donde el cabezal de bomba y el servomotor están colocados en un recinto de alta radiación, incluyendo además la bomba cables conectados al servomotor, incluyendo los cables aislamiento de poliuretano para resistir los efectos de la radiación.
- 55 9. La bomba de la reivindicación 7, donde el acoplamiento define una chaveta para enganchar el eje enchavetado, incluyendo además la bomba un segundo eje enchavetado que se extiende entre el acoplamiento y el servomotor, donde el segundo eje enchavetado está conectado al acoplamiento.
- 60 10. La bomba de la reivindicación 7, donde el acoplamiento es un primer acoplamiento, incluyendo además la bomba un segundo acoplamiento y un eje que se extiende entre el primer acoplamiento y el segundo acoplamiento.
- 65 11. La bomba de la reivindicación 7, donde el cabezal de bomba es un cabezal de bomba peristáltica de grado farmacéutico, y donde el cabezal de bomba está colocado dentro de un entorno limpio y está separado del servomotor para evitar la contaminación del fluido.

- 5 12. Un método de transferir fluido a través de un tubo en un entorno radiactivo, extendiéndose el tubo a través de un cabezal de bomba de una bomba, incluyendo la bomba una caja, un rotor que gira en relación a la caja, y una abrazadera, incluyendo el método:
- comprimir el tubo contra el rotor;
- girar el rotor para dirigir fluido a través del tubo, incluyendo el rotor un eje enchavetado;
- 10 controlar la rotación del rotor usando un servomotor conectado al rotor por el eje enchavetado y un acoplamiento; y
- enganchar el acoplamiento y el eje enchavetado para evitar la holgura entre el servomotor y el rotor durante la rotación.
- 15 13. El método de la reivindicación 12, incluyendo además generar señales relativas a la rotación del rotor usando un resolutor del servomotor; y
- dispensar el fluido a un depósito, donde el servomotor está configurado para controlar un volumen de dispensación del fluido.
- 20 14. El método de la reivindicación 12, donde el cabezal de bomba y el servomotor están colocados en un recinto de alta radiación, incluyendo además el método suministrar potencia al servomotor a través de cables conectados al servomotor, incluyendo los cables aislamiento de poliuretano para resistir los efectos de la radiación.
- 25 15. El método de la reivindicación 12 incluyendo además:
- enganchar el acoplamiento y un segundo eje enchavetado que se extiende entre el acoplamiento y el servomotor; y
- 30 girar el eje enchavetado y el acoplamiento para producir la rotación del rotor.

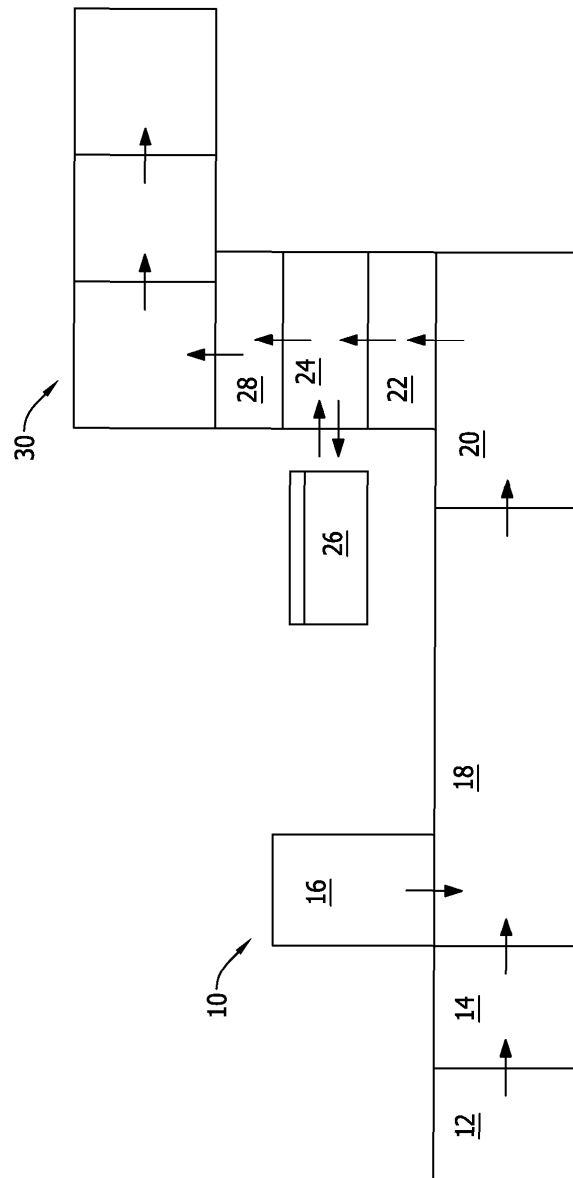


FIG. 1

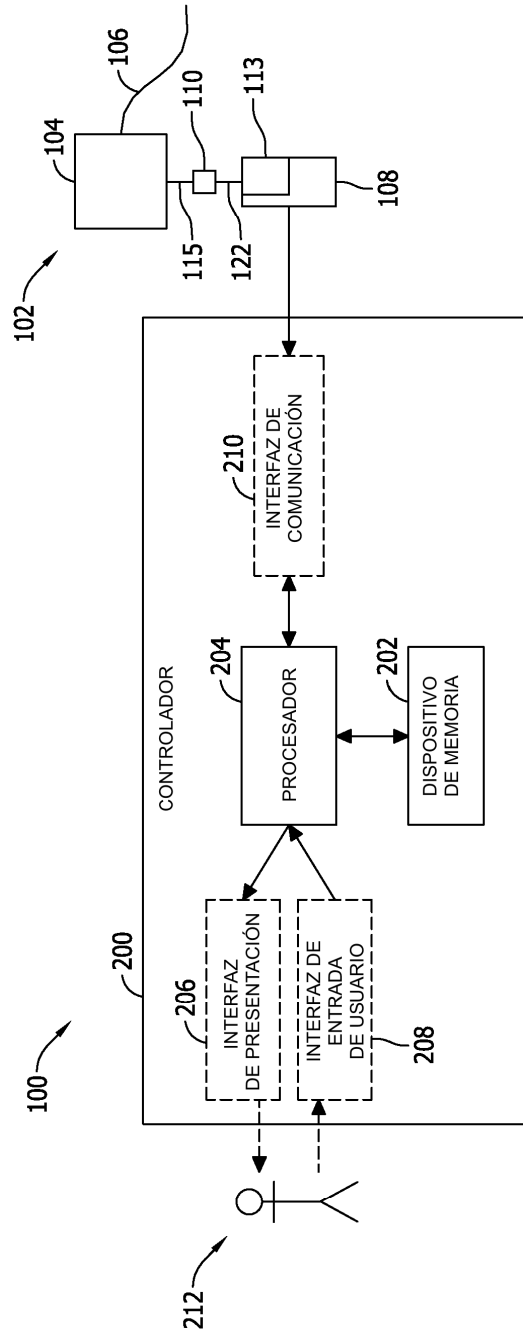


FIG. 2

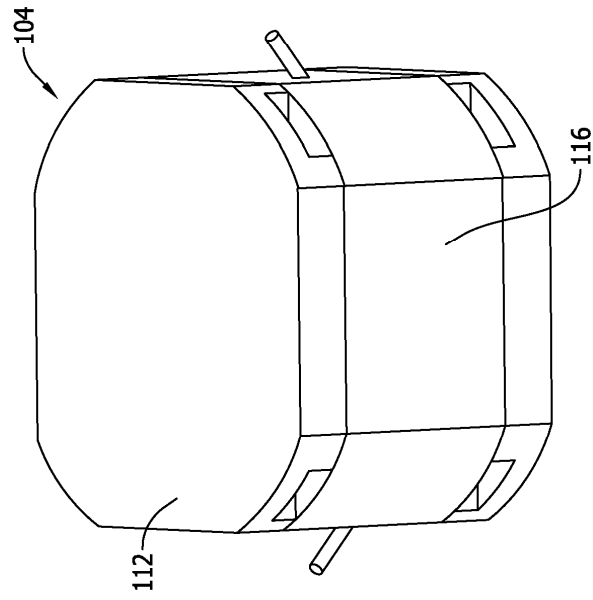


FIG. 3

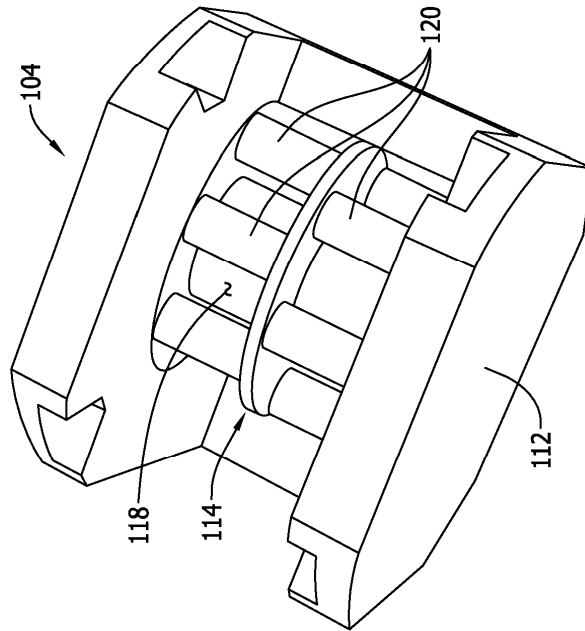


FIG. 4

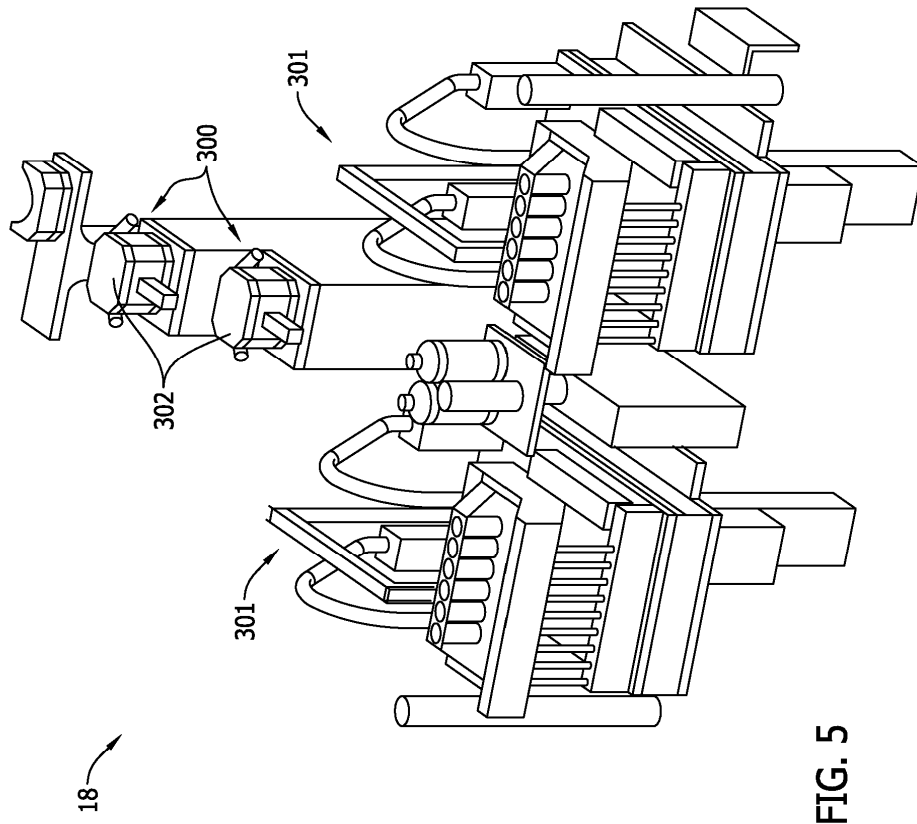


FIG. 5

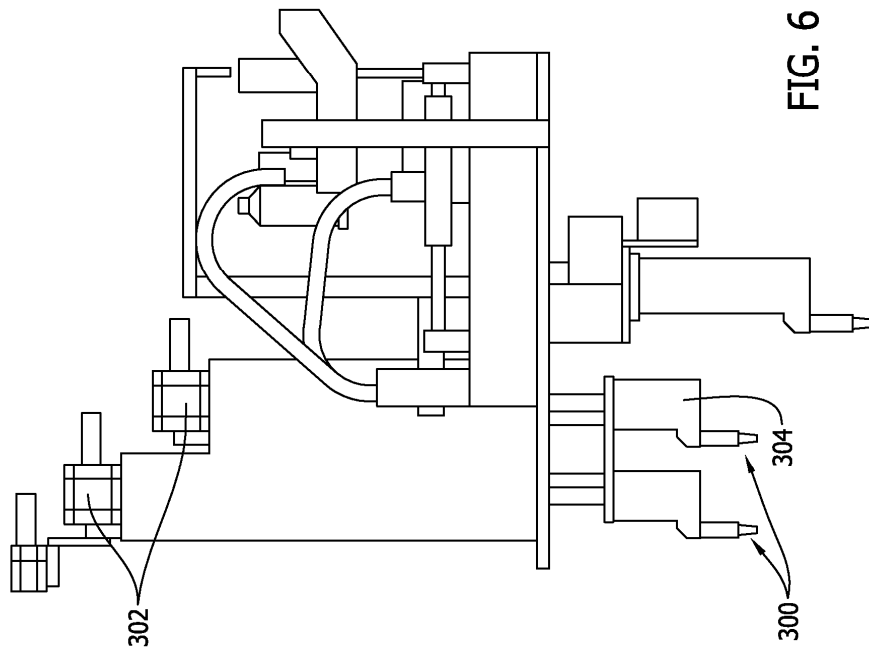


FIG. 6

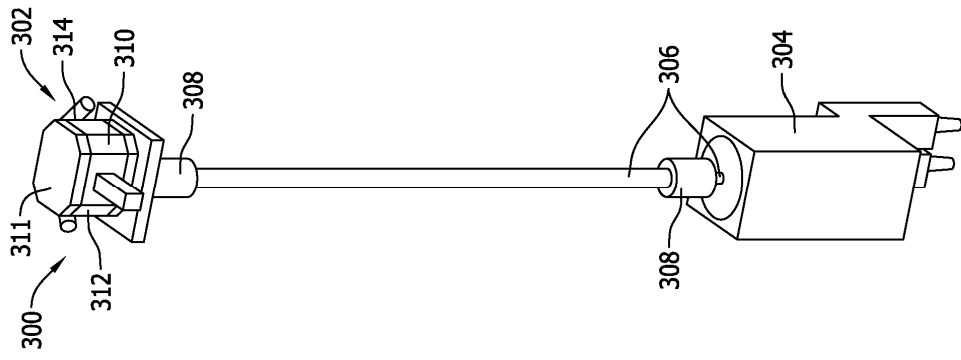


FIG. 7

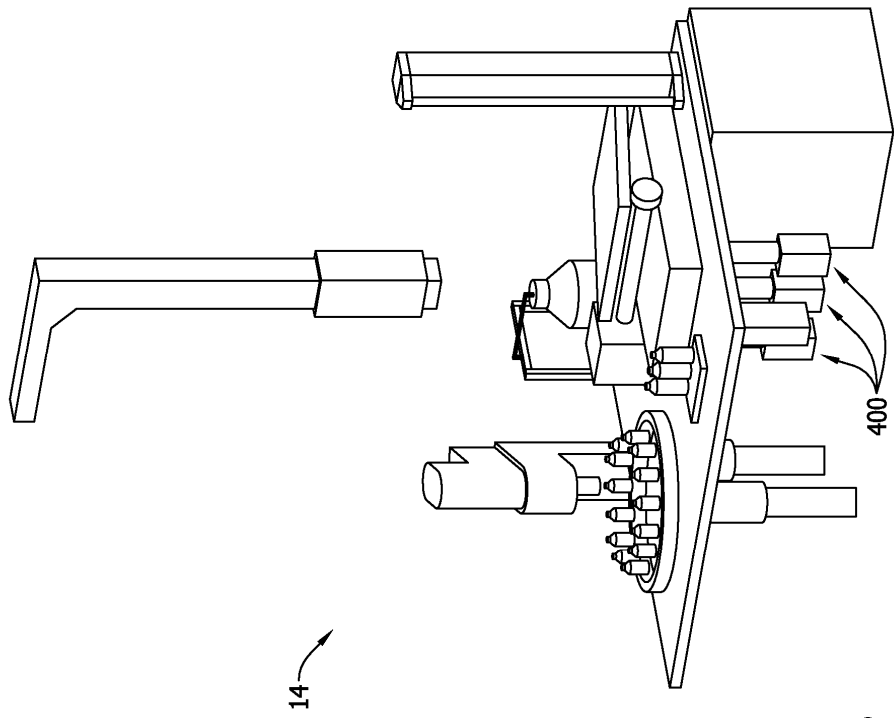


FIG. 8

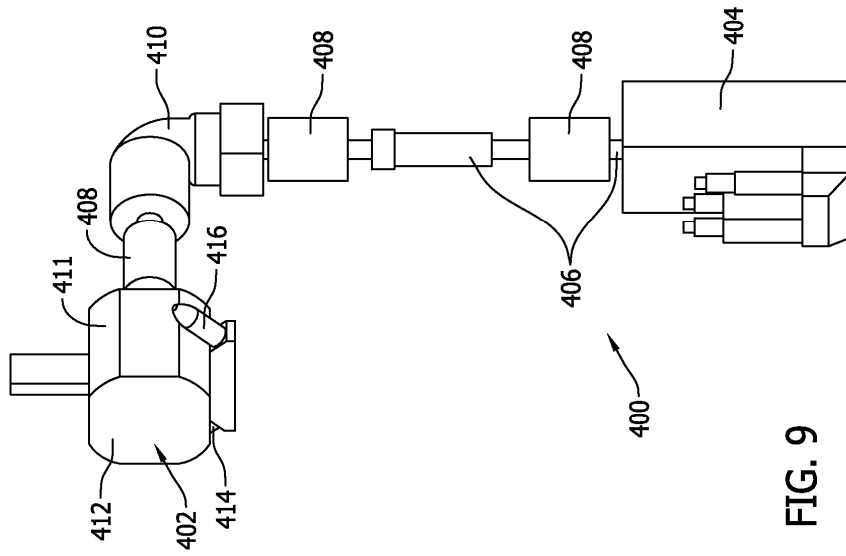


FIG. 9

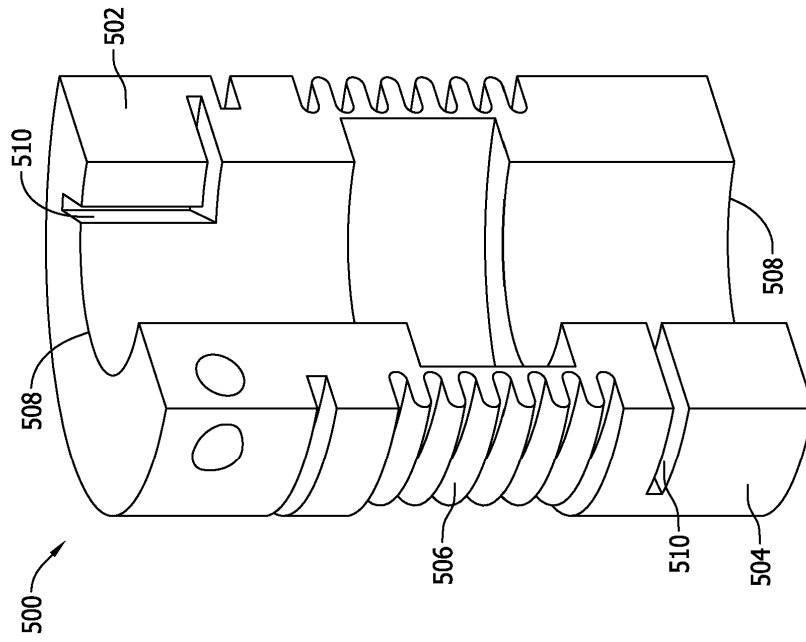


FIG. 10