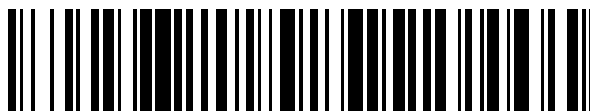


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 682 060**

51 Int. Cl.:

**G01T 1/02** (2006.01)

**G21C 17/10** (2006.01)

**G21C 17/108** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **20.01.2011 PCT/US2011/021781**

87 Fecha y número de publicación internacional: **12.07.2012 WO12094025**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.01.2011 E 11854566 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.06.2018 EP 2661644**

54 Título: **Detector intranuclear inalámbrico autoalimentado**

30 Prioridad:

**07.01.2011 US 986217**

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

**18.09.2018**

73 Titular/es:

**WESTINGHOUSE ELECTRIC COMPANY LLC  
(100.0%)**

**1000 Westinghouse Drive  
Cranberry Township, Pennsylvania 16066, US**

72 Inventor/es:

**HEIBEL, MICHAEL D.;  
KISTLER, DANIEL P.;  
PRIBLE, MICHAEL C.;  
CARVAJAL, JORGE V. y  
PALMER, JASON**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

ES 2 682 060 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

Detector intranuclear inalámbrico autoalimentado

**Referencia cruzada a solicitudes relacionadas**

5 La presente solicitud está relacionada con la solicitud de patente de Estados Unidos número de serie (expediente del mandatario NSD2010-009), titulada SELF-POWERED WIRELESS IN-CORE DETECTOR, presentada junto con la presente.

**Antecedentes de la invención****1. Campo de la invención**

10 La presente invención se refiere, en general, a procedimientos y aparatos para monitorizar la radiación dentro del núcleo de un reactor nuclear y, más específicamente, a aquellos procedimientos y sistemas que pueden sustituir de manera económica detectores intranucleares móviles en plantas operativas antiguas.

**2. Técnica relacionada**

15 En muchos de los reactores antiguos actualmente operativos, la dependencia de las mediciones de flujo nucleares, que se usan en los sistemas de control y de protección del reactor, se ha puesto en detectores extranucleares complementados con un sistema de asignación de flujo intranuclear, que ha estado en uso desde 1967; estando este último originalmente destinado a proporcionar pruebas del diseño de núcleo y algunas mediciones de calibración.

20 Con una tendencia creciente hacia núcleos de reactor más grandes, ha habido cierta preocupación en cuanto a los posibles efectos adversos de las distribuciones de potencia de núcleo y si los detectores extranucleares podrían detectar adecuadamente estas posibles distribuciones adversas. Los datos de ensayo han mostrado que los detectores extranucleares de sección dividida, actualmente en uso, respondían a la inclinación de flujo axial, pero la precisión de las mediciones de inclinación se veía afectada por la geometría y los materiales de construcción empleados en los pozos detectores y por el espaciamiento entre la vasija y los detectores. Se desarrollaron factores de corrección para estos efectos, pero todavía había dudas sobre si los detectores extranucleares proporcionarían en todos los casos una alarma adecuada ante una distribución de potencia adversa.

30 Para evitar la preocupación anterior, se desarrolló un procedimiento para monitorizar automáticamente la distribución de potencia que empleaba detectores intranucleares móviles, proporcionando una lectura de datos más precisa, detallada, automática y frecuentemente actualizada de la distribución de potencia del núcleo de reactor. El procedimiento, enseñado en la patente de Estados Unidos 3.932.211, expedida el 13 de enero de 1976 y cedida al cesionario de la presente invención, inserta los detectores móviles en la zona de núcleo de reactor durante una operación de alimentación normal de acuerdo con un programa temporizado intermitente predeterminado. Tras la inserción, los detectores se conducen automáticamente a través de la zona de núcleo a lo largo de trayectorias predeterminadas fijas. Las salidas de los detectores se registran como una función de la localización de núcleo para proporcionar una representación gráfica de la distribución de potencia de reactor.

35 Preferentemente, una pluralidad de los detectores móviles están dispuestos en agrupaciones eléctricamente redundantes que se almacenan normalmente en el entorno térmico de reactor fuera de la zona de reactividad de núcleo para minimizar los ciclos térmicos. Durante la operación, los detectores se conducen en el reactor a través de la cabeza inferior de la vasija de reactor, a través de la placa de soporte de núcleo y a través de las boquillas inferiores de conjunto de combustible previstas a los tubos de instrumental de conjunto de combustible a través de los que el detector se extiende hasta la elevación de núcleo deseada. De acuerdo con lo establecido por el programa de tiempo predeterminado, se conducen agrupaciones alternativas de detectores a lo largo de las trayectorias lineales correspondientes dentro de los manguitos de instrumental dentro del núcleo a intervalos de tiempo escalonados regulados por la física del núcleo del reactor. La secuencia de conducción de detectores programada se reinicia automáticamente tras un determinado cambio de reactividad controlado para proporcionar la entrada de datos más significativa al operario de planta.

45 Las sistemas de conducción y encaminamiento de detectores móviles son complicados y, debido al aumento de su uso y antigüedad están sujetos a fallos. Una opción para la sustitución de un sistema de detector intranuclear móvil antiguo en una planta operativa, para permitir una operación continua o prolongada de la planta, es un sistema que usa sensores nucleares que permanecen insertados en posiciones axiales y radiales fijas en el núcleo de reactor durante todo el ciclo operativo. Este tipo de sensor se denomina detector intranuclear fijo y tiene la capacidad de medir la radioactividad dentro del núcleo a una serie de elevaciones axiales. Estos sensores se usan para medir la distribución radial y axial de la potencia dentro del núcleo de reactor. Esta información de medición de distribución de potencia se usa para determinar si el reactor está operando dentro de los límites de distribución de potencia de diseño nuclear y, por lo tanto, evita la complejidad de los detectores intranucleares móviles. El sensor intranuclear habitual usado para realizar esta función de medición produce una corriente eléctrica que es proporcional a la cantidad de fisión que se produce a su alrededor. Este tipo de sensor no requiere una fuente externa de

alimentación eléctrica para producir la corriente y se denomina habitualmente detector autoalimentado y se describe con más detalle en la patente de Estados Unidos n.º 5.745.538, expedida el 28 de abril de 1998, y cedida al cesionario de la presente invención. La figura 1 proporciona un diagrama de los mecanismos que producen la corriente I(t) en un elemento 10 de detector autoalimentado. Se emplea un material sensible a neutrones, tal como el vanadio, para el elemento 12 emisor y emite electrones en respuesta a la irradiación de neutrones. Habitualmente, los detectores autoalimentados se agrupan dentro de los conjuntos de manguito de instrumental intranuclear. En la figura 2 se muestra un conjunto de manguito de instrumental intranuclear representativo. El nivel de señal generado por el elemento 12 emisor sensible a neutrones esencialmente no agotador mostrado en la figura 1, es bajo, sin embargo, un único elemento emisor sensible a neutrones de longitud de núcleo completa proporciona una señal adecuada sin procesadores de señales complejos y costosos. Las porciones de la señal de longitud completa generadas por el único elemento emisor sensible a neutrones atribuibles a diversas zonas axiales del núcleo se determinan a partir de una distribución de la señal generada por diferentes longitudes de los elementos 14 sensibles a gamma que definen las zonas axiales del núcleo y se muestran en la figura 2. Las señales de distribución se relacionan, lo que elimina gran parte de los efectos de la radiación gamma retardada debida a los productos de fisión. Los conjuntos de manguito de instrumental intranuclear también incluyen un termopar 18 para medir la temperatura del refrigerante que sale de los conjuntos de combustible. La señal eléctrica emitida por los elementos de detector autoalimentado y el termopar de cada conjunto de manguito de instrumental intranuclear del reactor se recoge en el conector 20 eléctrico y se envía a un lugar alejado del reactor para su procesamiento y uso final en la producción de la distribución de potencia de núcleo medida.

La figura 3 muestra un ejemplo de un sistema de monitorización de núcleo ofrecido actualmente a la venta por Westinghouse Electric Company LLC con el nombre de producto WINCISE™ que emplea unos conjuntos 16 de manguito de instrumental intranuclear fijos dentro de los manguitos de instrumental de conjuntos de combustible dentro del núcleo para medir la distribución de potencia del núcleo. El cableado 22 se extiende desde los conjuntos 16 de manguito de instrumental a través de la tabla 24 de sello de contención y comunica las señales de termopar (T/C) y detector autoalimentado (SPD) a una única caja 26 de procesamiento donde las salidas se condicionan, digitalizan, multiplexan y transmiten a través de las paredes 28 de contención a una estación 30 de trabajo informática donde pueden procesarse y visualizarse adicionalmente. Las señales de termopar procedentes de los conjuntos de manguito de instrumental intranuclear también se envían a una unidad 32 de unión de referencia (RJU) que transmite las señales a un monitor 34 de enfriamiento de núcleo inadecuado (ICCM) que se comunica con el ordenador 36 de planta que también está conectado a la estación 30 de trabajo.

Con el fin de sustituir un sistema de detector intranuclear móvil existente en una planta operativa, es necesario instalar los cables 22 que encaminan las señales de los detectores 14 autoalimentados y los termopares 18. También es necesario instalar y alimentar un hardware 26 y 32 que pueda digitalizar y multiplexar las señales de detector autoalimentado para su transmisión fuera de la contención 28. Este equipo es muy costoso y representa aproximadamente el 60 % de los costes de un sistema WINCISE™.

El documento US 4 943 683 A desvela un sistema de diagnóstico de anomalías para un núcleo de reactor nuclear que comprende una unidad de detección de anomalías incorporada en un conjunto de combustible del núcleo de reactor nuclear, y un transmisor-receptor dispuesto fuera de la vasija de reactor. El transmisor-receptor transmite una señal de manera inalámbrica a la unidad de detección de anomalías y recibe una señal de eco generada por la unidad de detección de anomalías de manera inalámbrica. El documento JP 2000 162 379 A aborda el problema de cómo realizar una evaluación crítica del estado del combustible nuclear gastado en una piscina de combustible gastado con una configuración de dispositivo simple, midiendo la distribución del flujo de neutrones en una dirección radial en el conjunto de combustible gastado en la piscina de combustible gastado, y evaluando para ver si una tasa de aumento del flujo de neutrones de una parte periférica ha superado una tolerancia establecida.

El documento US 4 313 792 A describe un termómetro gamma para su uso con un reactor nuclear, con dos uniones de termopar que se conectan con el fin de emitir la diferencia de tensión. Las dos uniones de termopar están lo suficientemente separadas para que, considerando la escala del reactor nuclear, experimenten el mismo flujo de rayos gamma. El documento JP 2008 309 748 A aborda el problema de cómo inspeccionar fácilmente un reactor de agua ligera existente sin cambiarlo mucho con el uso de un cable eléctrico para fuentes de alimentación, un cable eléctrico para señales conectado a un equipo dinámico colocado en un reactor de agua en ebullición avanzado ya aprobado y un dispositivo de medición.

En consecuencia, es deseable proporcionar un procedimiento y un aparato mejorados para sustituir sistemas de detectores intranucleares móviles en plantas operativas.

Además, es deseable proporcionar un sistema mejorado de este tipo que elimina gran parte del encaminamiento de cables y los componentes electrónicos que es necesario colocar dentro de la contención.

Además, un sistema mejorado de este tipo debería ser preferentemente autoalimentado y sustancialmente libre de mantenimiento.

### **Sumario de la invención**

La presente invención proporciona un aparato de acuerdo con la reivindicación 1 y una metodología de acuerdo con la reivindicación 5, que evita la mayor parte de los costes asociados con los cables en la contención, los equipos de

alimentación, y el hardware electrónico de procesamiento de señales de detector autoalimentado actualmente asociados con la sustitución de detectores intranucleares móviles por detectores intranucleares fijos. El procedimiento de la presente invención que logra los objetivos anteriores monitoriza los parámetros indicativos de una condición de un entorno irradiado y genera una señal representativa del parámetro monitorizado. Al monitorizar el parámetro, el procedimiento genera una corriente eléctrica del entorno irradiado y usa esa corriente eléctrica para alimentar un transmisor inalámbrico. A continuación, el transmisor inalámbrico comunica la señal indicativa del parámetro monitorizado a un entorno menos cáustico, preferentemente fuera de la contención.

De acuerdo con la invención, el procedimiento incluye las etapas de alimentar el transmisor inalámbrico con una batería recargable y recargar la batería recargable con un cargador que obtiene su alimentación del entorno irradiado. De manera deseable, el cargador que realiza la etapa de recarga es un detector de radiación autoalimentado. De acuerdo con la invención, el entorno irradiado es un reactor nuclear y el transmisor y el cargador inalámbricos son parte de un conjunto de manguito de instrumental intranuclear.

La invención también contempla un conjunto de manguito de instrumental intranuclear que tiene un conjunto de detector de radiación autoalimentado sensible a un entorno de radiación en el que se coloca para generar una corriente eléctrica representativa de la intensidad del entorno de radiación. Un transmisor inalámbrico se conecta a la corriente eléctrica generada por el detector de radiación autoalimentado, para transmitir al menos una parte de la corriente eléctrica de manera inalámbrica a un entorno menos cáustico. El conjunto de manguito de instrumental intranuclear incluye además una fuente de alimentación para alimentar el transmisor inalámbrico que obtiene su alimentación del entorno de radiación.

Preferentemente, el conjunto de detector de radiación autoalimentado incluye un primer detector de radiación autoalimentado que suministra alimentación a la fuente de alimentación. En una realización, el primer detector de radiación autoalimentado que suministra alimentación a la fuente de alimentación también genera la corriente eléctrica representativa de la intensidad del entorno de radiación. En otra realización, un segundo detector de radiación autoalimentado genera la corriente eléctrica representativa de la intensidad del entorno de radiación.

De acuerdo con la invención, la fuente de alimentación se obtiene de una batería recargable para alimentar el transmisor inalámbrico y un cargador se conecta a la batería recargable que obtiene su alimentación del entorno irradiado. De manera deseable, el cargador es un detector de radiación autoalimentado.

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

Puede obtenerse una mejor comprensión de la invención a partir de la siguiente descripción de las realizaciones preferidas cuando se lee junto con los dibujos adjuntos, en los que:

- la figura 1 es una representación esquemática de un detector autoalimentado;
- la figura 2A es una vista en planta de un conjunto de manguito de instrumental intranuclear;
- la figura 2B es una vista esquemática del interior de la cubierta delantera del conjunto de manguito de instrumental intranuclear de la figura 2A;
- la figura 2C es una vista en sección del conector eléctrico en el extremo trasero del conjunto de manguito de instrumental intranuclear de la figura 2A;
- la figura 3 es un diseño esquemático de un sistema de monitorización intranuclear;
- la figura 4 es una representación esquemática simplificada de un sistema de reactor nuclear al que puede aplicarse la presente invención;
- la figura 5 es una vista en alzado, parcialmente en sección, de una vasija de reactor nuclear y unos componentes interiores a los que puede aplicarse la presente invención;
- la figura 6 es una vista en alzado, parcialmente en sección, de un conjunto de combustible nuclear;
- la figura 7 es una vista en perspectiva de un sistema de asignación de detector móvil intranuclear básico empleado en muchas plantas operativas;
- la figura 8 es un diagrama de circuitería esquemático de una fuente de alimentación que puede emplearse por la presente invención; y
- la figura 9 es un diseño esquemático de un sistema de medición de distribución de potencia de núcleo de instrumental intranuclear inalámbrico autoalimentado de acuerdo con la presente invención.

#### **Descripción de la realización preferida**

El lado primario de los sistemas de generación de energía nuclear que se enfrían con agua a presión comprende un circuito cerrado que está aislado y en relación de intercambio de calor con un lado secundario para la producción de energía útil. El lado primario comprende la vasija de reactor que encierra una estructura interna de núcleo que soporta una pluralidad de conjuntos de combustible que contienen material fisible, el circuito primario dentro de generadores de vapor de intercambio de calor, el volumen interno de un presurizador, bombas y tuberías para la circulación de agua a presión; conectando las tuberías cada uno de los generadores de vapor y bombas a la vasija de reactor de manera independiente. Cada una de las partes del lado primario que comprende un generador de vapor, una bomba y un sistema de tuberías que están conectadas a la vasija forman un bucle del lado primario.

Con fines de ilustración, la figura 4 muestra un sistema primario de reactor nuclear simplificado, que incluye una vasija 40 de presión de reactor generalmente cilíndrica que tiene una cabeza 42 de cierre que encierra un núcleo 44 nuclear. Un refrigerante de reactor líquido, tal como agua, se bombea en la vasija 40 por la bomba 46 a través del núcleo 44 donde la energía térmica se absorbe y se descarga en un intercambiador 48 de calor, habitualmente denominado generador de vapor, en el que el calor se transfiere a un circuito de utilización (no mostrado), tal como un generador de turbina accionado por vapor. A continuación, el refrigerante de reactor se devuelve a la bomba 46 completando el bucle primario. Habitualmente, una pluralidad de los bucles descritos anteriormente se conectan a una única vasija 40 de reactor por la tubería 50 de refrigerante de reactor.

En la figura 5 se muestra un diseño de reactor a modo de ejemplo. Además del núcleo 44 compuesto por una pluralidad de conjuntos 80 de combustible paralelos verticales que se extienden conjuntamente, para los fines de la presente descripción, las otras estructuras internas de vasija pueden dividirse en las partes 52 internas inferiores y las partes 54 internas superiores. En los diseños convencionales, la función de las partes internas inferiores es soportar, alinear y guiar los componentes de núcleo y el instrumental, así como el flujo directo dentro de la vasija. Las partes 54 internas superiores restringen o proporcionan una restricción secundaria para los conjuntos 80 de combustible (solo se muestran dos de los mismos por simplicidad en esta figura), y el instrumental y componentes de soporte y de guía, tales como las barras 56 de control. En el reactor a modo de ejemplo mostrado en la figura 5, el refrigerante entra en la vasija 40 de reactor a través de una o más boquillas 58 de entrada, fluye hacia abajo a través de un anillo entre la vasija 40 y el barril 60 de núcleo, gira 180° en una cámara 61 de vasija de reactor inferior, pasa hacia arriba a través de una placa 62 de soporte inferior y una placa 64 de núcleo inferior sobre la que se asientan los conjuntos 80 de combustible y a través y alrededor de los conjuntos. En algunos diseños, la placa 62 de soporte inferior y la placa 64 de núcleo inferior se sustituyen por una única estructura, la placa de soporte de núcleo inferior que tiene la misma elevación que 62. El refrigerante que sale del núcleo 44 fluye a lo largo del lado inferior de la placa 66 de núcleo superior y hacia arriba y a través de una pluralidad de perforaciones 68. A continuación, el refrigerante fluye hacia arriba y radialmente hacia una o más boquillas 70 de salida.

Las partes 54 internas superiores pueden soportarse desde la vasija 40 o la cabeza 42 de vasija e incluyen un conjunto 72 de soporte superior. Las cargas se transmiten entre el conjunto 72 de soporte superior y la placa 66 de núcleo superior, principalmente por una pluralidad de columnas 74 de soporte. Cada columna de soporte se alinea por encima de un conjunto 80 de combustible seleccionado y las perforaciones 68 en la placa 66 de núcleo superior.

Las barras 56 de control móviles rectilíneas incluyen habitualmente un eje 76 de accionamiento y un conjunto 78 de acoplamiento en estrella de barras de veneno de neutrones que se guían a través de las partes 54 internas superiores y en los conjuntos 80 de combustible alineados por los tubos 79 de guía de barras de control.

La figura 6 es una vista en alzado, representada en forma acortada verticalmente, de un conjunto de combustible que se indica en general con el carácter de referencia 80. El conjunto 80 de combustible es del tipo usado en un reactor de agua a presión y tiene un esqueleto estructural que en su extremo inferior incluye una boquilla 82 inferior. La boquilla 82 inferior soporta el conjunto 80 de combustible en la placa 64 de soporte de núcleo inferior en la zona de núcleo del reactor nuclear. Además de la boquilla 82 inferior, el esqueleto estructural del conjunto 80 de combustible también incluye una boquilla 84 superior en su extremo superior y una serie de tubos guía o manguitos 86, que se extienden longitudinalmente entre las boquillas 82 y 84 inferior y superior y en los extremos opuestos están rigidamente unidos a las mismas.

El conjunto 80 de combustible incluye además una pluralidad de rejillas 88 transversales espaciadas axialmente a lo largo de y montadas en los manguitos 86 guía (también denominados tubos guía) y una agrupación organizada de barras 90 de combustible alargadas espaciadas transversalmente y soportadas por las rejillas 88. Aunque no puede verse en la figura 6, las rejillas 88 se forman convencionalmente a partir de tiras ortogonales que están intercaladas en un patrón de caja de huevos con la interfaz adyacente de cuatro tiras que definen células de soporte aproximadamente cuadradas a través de las que las barras 90 de combustible se soportan en una relación transversalmente espaciada entre sí. En muchos diseños convencionales, se estampan resortes y hoyuelos en las paredes opuestas de las tiras que forman las celdas de soporte. Los resortes y los hoyuelos se extienden radialmente en las celdas de soporte y capturan las barras de combustible entre las mismas; ejerciendo presión sobre el revestimiento de la barra de combustible para mantener las barras en su posición. Además, el conjunto 80 tiene un tubo 92 de instrumental localizado en el centro del mismo que se extiende entre y se monta en las boquillas 82 y 84 inferior y superior. Con tal disposición de piezas, se forma el conjunto 80 de combustible y la unidad integral puede manejarse cómodamente sin dañar el ensamblaje de las piezas.

Como se ha mencionado anteriormente, las barras 90 de combustible en la agrupación de las mismas en el conjunto 80 se mantienen en relación espaciada entre sí por las rejillas 88 espaciadas a lo largo de la longitud del conjunto de combustible. Cada barra 90 de combustible incluye una pluralidad de pastillas 94 de combustible nuclear y se cierra en sus extremos opuestos mediante unos tapones 96 y 98 de extremo superior e inferior. Las pastillas 94 de combustible se mantienen en una pila mediante un resorte 100 de cámara dispuesto entre el tapón 96 de extremo superior y la parte superior de la pila de pastillas. Las pastillas 94 de combustible, compuestas de material fisible, son responsables de crear la potencia reactiva del reactor. El revestimiento, que rodea las pastillas, funciona como una barrera para evitar que los subproductos de fisión entren en el refrigerante y contaminen además el sistema de reactor.

Para controlar el procedimiento de fisión, una serie de barras 56 de control pueden moverse de manera alternativa en los manguitos 86 guía localizados en posiciones predeterminadas en el conjunto 80 de combustible. Específicamente, un mecanismo 78 de control de grupo de barras (también denominado conjunto de acoplamiento en estrella) colocado encima de la boquilla 84 superior soporta las barras 56 de control. El mecanismo de control  
 5 tiene un miembro 102 de cubo cilíndrico internamente roscado con una pluralidad de aletas o brazos 104 que se extienden radialmente que con las barras 56 de control forman el conjunto 78 de acoplamiento en estrella que se ha mencionado anteriormente con respecto a la figura 5. Cada brazo 104 se interconecta con las barras 56 de control de tal manera que el mecanismo 78 de barras de control pueda operar para mover las barras de control  
 10 verticalmente en los manguitos 86 guía para controlar de este modo el procedimiento de fisión en el conjunto 80 de combustible, bajo la fuerza motriz de los ejes 76 motrices de barras de control (mostrados en la figura 5) que se acoplan a los cubos 102 de barras de control, todos de una manera bien conocida.

Como se ha mencionado anteriormente, para asignar la distribución de potencia axial, para garantizar que no se superan los límites de diseño de planta, muchas plantas convencionales emplean detectores intranucleares móviles, como se ilustra en la figura 7. El sistema de asignación intranuclear comprende, en general, de cuatro a seis  
 15 conjuntos de detector/conducción, dependiendo del tamaño de la planta, que se interconectan de tal manera que pueden acceder a diversas combinaciones de manguitos de flujo intranuclear que se extienden dentro de los tubos 92 de instrumental dentro de los conjuntos 80 de combustible. Para obtener la capacidad de interconexión de manguitos, cada detector tiene asociado un dispositivo rotatorio de transferencia mecánica de cinco y diez trayectorias. Se hace un mapa del núcleo seleccionando, por medio de los dispositivos de transferencia, unos  
 20 manguitos específicos a través de los que se conducen los detectores.

La figura 7 muestra el sistema básico para la inserción de los detectores de radiación intranuclear móviles. Los manguitos 110 retráctiles en los que se conducen los detectores 112 de radiación móviles, toman las rutas aproximadamente como se muestra. Los manguitos 110 se insertan en el núcleo 44 de reactor a través de los  
 25 conductos 118 que se extienden desde la parte inferior de la vasija 40 de reactor a través del área 114 de protección de hormigón y, a continuación, hasta una tabla 24 de sello de manguito. Puesto que los manguitos de flujo intranuclear de detector móvil están cerrados en el extremo delantero (reactor), están secos por dentro. Los manguitos de flujo intranuclear sirven de este modo como una barrera de presión entre la presión de agua de reactor (diseño de 17237,5 kPa) y la atmósfera. Se proporcionan sellos mecánicos entre los manguitos 110 retráctiles y los  
 30 conductos 118 en la tabla 116 sellada. Los conductos 118 son esencialmente extensiones de la vasija 40 de reactor, permitiendo los manguitos 110 la inserción de los detectores 112 móviles de instrumental intranuclear. Durante la operación, los manguitos 110 son estacionarios y se retraerán solo en condiciones despresurizadas durante las operaciones de repostaje o mantenimiento.

El sistema de conducción para la inserción de los detectores intranucleares móviles incluye unas unidades 120 de  
 35 conducción, unos conjuntos 122 de conmutadores límite, unos dispositivos 124 de transferencia rotatorios de cinco trayectorias, unos dispositivos 126 de transferencia rotatorios de diez trayectorias y unas válvulas 128 de aislamiento, como se muestra.

Cada unidad de conducción empuja un cable de conducción hueco de envoltura helicoidal en el núcleo con un detector 112 móvil en miniatura unido al extremo delantero del cable y un cable coaxial de diámetro pequeño, que  
 40 comunica la salida de detector, roscada a través del centro hueco de la unidad de envoltura helicoidal, de vuelta al extremo trasero del cable de accionamiento. La electrónica para transferir las señales de detector a la sala de control es similar al diseño esquemático mostrado en la figura 3 y descrito anteriormente para un sistema de detector intranuclear fijo. La realización preferida de la metodología descrita en el presente documento para la presente invención permite la eliminación de la mayor parte de los costes asociados a los cables en la contención, los equipos  
 45 de alimentación, y el hardware electrónico de procesamiento de señales de detector que de otro modo serían necesarios si los sistemas de detector de asignación de flujo móvil se sustituyeran con el sistema de detector intranuclear fijo descrito anteriormente.

La realización preferida se basa en el uso de pequeños transmisores de radiofrecuencia que están unidos a las salidas de conector eléctrico de los conjuntos de manguito de instrumental intranuclear, como el mostrado en las  
 50 figuras 2A, 2B y 2C, descritas anteriormente. Sin embargo, debe apreciarse que también pueden usarse otros transmisores inalámbricos, tales como transmisores de infrarrojos, con receptores compatibles, siempre que los receptores puedan situarse dentro de una línea de visión. El hardware eléctrico usado de acuerdo con la presente invención para medir y transmitir las señales de detector autoalimentado individual (ya sean analógicas o digitales) está contenido en un pequeño recipiente ambientalmente cualificado que forma parte del diseño del conjunto 16 de  
 55 manguito de instrumental intranuclear, o que puede unirse como un dispositivo autónomo. La fuente de alimentación eléctrica principal para el hardware eléctrico de transmisión de señales es una batería 132 recargable mostrada como parte de la fuente de alimentación a modo de ejemplo ilustrada en la figura 8. De acuerdo con una realización de la presente invención, la carga en la batería 132 se mantiene por el uso de la alimentación eléctrica producida por un elemento 134 de detector autoalimentado de fuente de alimentación especializado que está contenido dentro de la fuente 130 de alimentación, de manera que la radiación nuclear en el reactor es la última fuente de alimentación  
 60 para el dispositivo que mantiene cargada la batería 132. El elemento 134 de detector autoalimentado de fuente de alimentación se conecta a la batería 132 a través de un circuito 136 de acondicionamiento y la batería se conecta, a su vez, a un circuito 138 de transmisor de señales que transmite la señal recibida del detector intranuclear fijo que

monitoriza el núcleo tal como se ha descrito con respecto a las figuras 2A, 2B y 2C. Como alternativa, un cierto porcentaje de la alimentación generada por los detectores de monitorización podría desviarse al circuito 136 de acondicionamiento de señales para cargar la batería 132 para alimentar el circuito 138 de transmisor de señales. En esta última realización, el resto de la alimentación de los circuitos de monitorización podría comunicarse a continuación al circuito 138 de transmisor para la comunicación inalámbrica a un circuito de recepción fuera de la contención nuclear. La señal monitorizada recibida de este modo tendría que calibrarse a continuación para compensar la intensidad de la señal que se desvió para alimentar el circuito 138 de transmisión de señales. El diseño específico de la fuente de alimentación mostrada en la figura 8 dependerá solamente de la cantidad de potencia requerida para transmitir los datos de señal de detector autoalimentado al receptor. La cantidad de potencia necesaria depende de la distancia de transmisión de señal y las características de señal de radiofrecuencia a ruido del entorno operativo específico. En general, la fuente de alimentación está diseñada para producir alimentación en función de la cantidad de radiación gamma que la rodea para proporcionar la vida útil más larga y capacidades de generación de alimentación a bajos niveles de potencia de reactor. Hay una serie de diseños de detectores autoalimentados basados en platino existentes, tal como se describe en la patente de Estados Unidos n.º 5.745.538, que proporcionarán un rendimiento adecuado para aplicaciones comunes.

La figura 9 muestra un diseño esquemático de un sistema de medición de distribución de potencia de núcleo de instrumental de detector intranuclear inalámbrico autoalimentado construido de acuerdo con la presente invención. El diseño esquemático ilustrado en la figura 9 es idéntico al diseño esquemático ilustrado en la figura 3 para un sistema de monitorización intranuclear convencional excepto que el cableado dentro de la contención por encima de la tabla 24 de sello se ha sustituido por el transmisor 138 inalámbrico y los receptores 116 inalámbricos y los componentes 26 y 32 electrónicos en la contención se han sustituido, respectivamente, por el sistema 108 de procesamiento de señales SPD y el sistema 106 de procesamiento de señales de termopar de salida de núcleo, localizado fuera de la contención 28. En todos los demás aspectos, los sistemas son iguales. Por lo tanto, la presente invención simplifica en gran medida la sustitución de los detectores móviles intranucleares convencionales ilustrados en la figura 7 con los detectores intranucleares fijos ilustrados en las figuras 2A, 2B y 2C.

Aunque las realizaciones específicas de la invención se han descrito en detalle, se apreciará por los expertos en la materia que podrían desarrollarse diversas modificaciones y alternativas a esos detalles en vista de las enseñanzas generales de la divulgación. En consecuencia, las realizaciones específicas desveladas tienen la intención de ser solo ilustrativas y no limitantes en cuanto al ámbito de la invención que se define en las reivindicaciones adjuntas.

**REIVINDICACIONES**

1. Un procedimiento de transmisión de un parámetro monitorizado desde un núcleo (44) de reactor nuclear a un entorno (116) menos cáustico que comprende:
  - 5 monitorizar el parámetro indicativo de una condición del núcleo (44) de reactor nuclear y generar una señal representativa del parámetro monitorizado;
  - alimentar un transmisor (138) inalámbrico con una batería (132) recargable; y
  - recargar la batería (132) recargable con un cargador que obtiene su alimentación de la radiación gamma en el núcleo (44) de reactor nuclear; y
  - 10 emplear el transmisor (138) inalámbrico para comunicar de manera inalámbrica la señal al entorno (116) menos cáustico.
2. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que la etapa de generación se alimenta por un detector (10) de radiación autoalimentado.
3. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que el cargador que realiza la etapa de recarga es un detector (134) de radiación autoalimentado.
- 15 4. El procedimiento de la reivindicación 3, en el que el transmisor (138) inalámbrico y el cargador son parte de un conjunto de manguito del instrumental intranuclear.
5. Un conjunto (16) de manguito del instrumental intranuclear que comprende:
  - un conjunto de detector de radiación autoalimentado adaptado para responder a la radiación en un núcleo (44) de reactor nuclear en el que se pone en uso para generar una corriente eléctrica representativa de la intensidad de la radiación en el núcleo (44) de reactor nuclear; y
  - 20 **caracterizado porque** comprende además una batería (132) recargable para alimentar un transmisor (138) inalámbrico; y
  - un cargador conectado a la batería (132) recargable;
  - estando el cargador (132) adaptado para obtener su alimentación de la radiación gamma en el núcleo de reactor nuclear;
  - 25 estando el transmisor (138) inalámbrico adaptado para transmitir al menos una parte de la corriente eléctrica de manera inalámbrica a un entorno (116) menos cáustico.
6. El conjunto (16) de manguito del instrumental intranuclear de la reivindicación 5, en el que el conjunto de detector de radiación autoalimentado incluye un primer detector (134) de radiación autoalimentado que suministra alimentación a la batería (132) recargable.
- 30 7. El conjunto (16) de manguito del instrumental intranuclear de la reivindicación 6, en el que el primer detector (134) de radiación autoalimentado también genera la corriente eléctrica representativa de la intensidad de la radiación en el núcleo (44) de reactor nuclear.
8. El conjunto (16) de manguito del instrumental intranuclear de la reivindicación 6, que incluye un segundo detector (10) de radiación autoalimentado que genera la corriente eléctrica representativa de la intensidad de la radiación en el núcleo (44) de reactor nuclear.
- 35 9. El conjunto (16) de manguito del instrumental intranuclear de la reivindicación 5, en el que el cargador es un detector (134) de radiación autoalimentado.



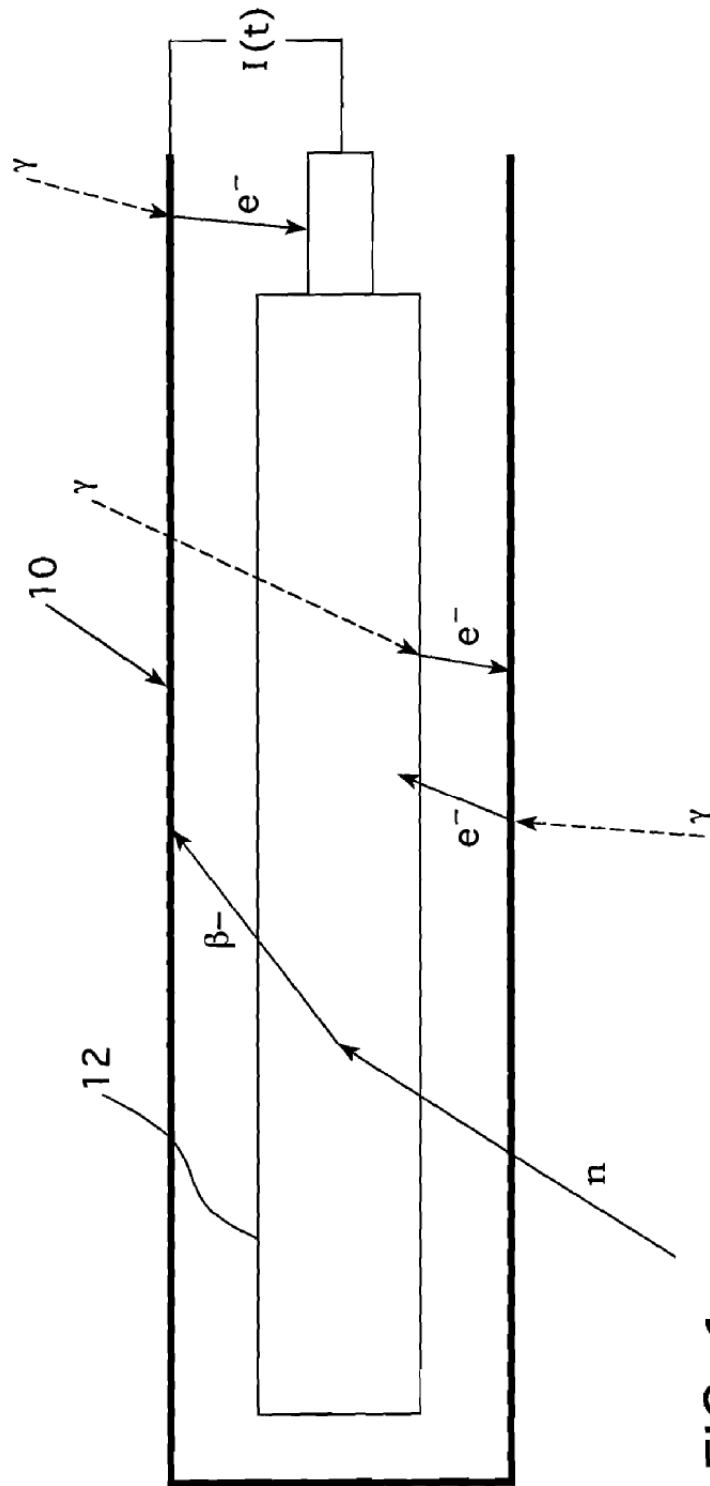


FIG. 1

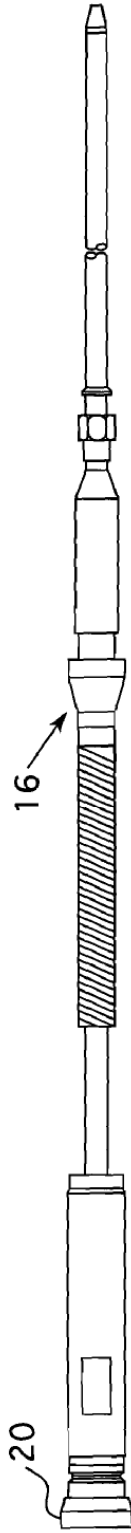


FIG. 2A

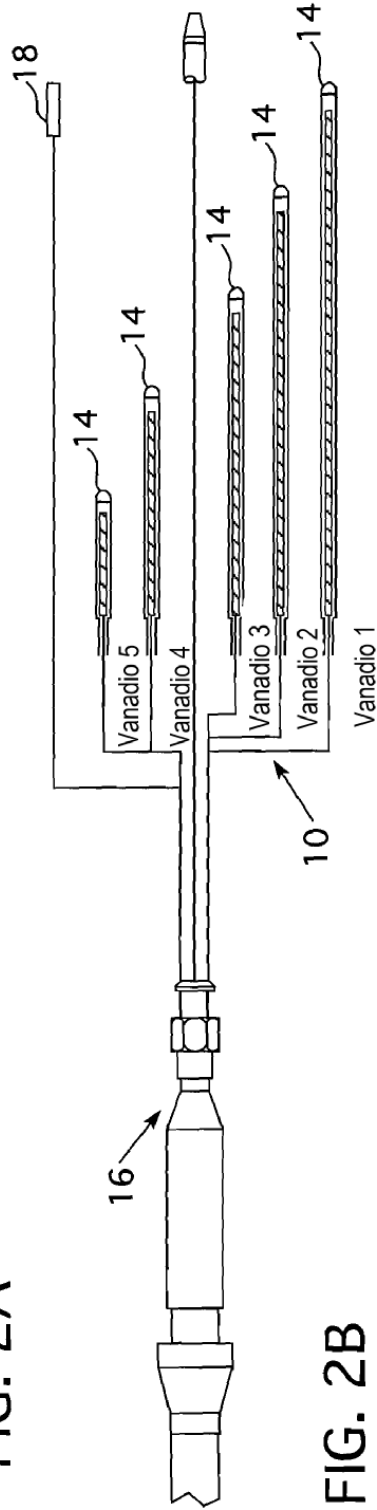


FIG. 2B

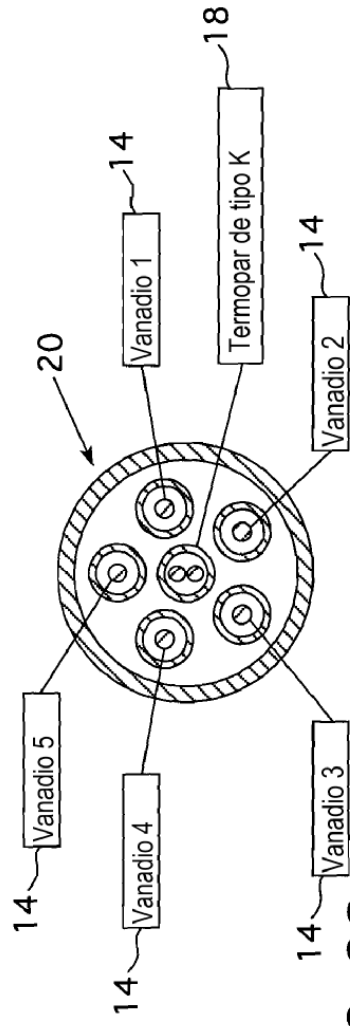


FIG. 2C

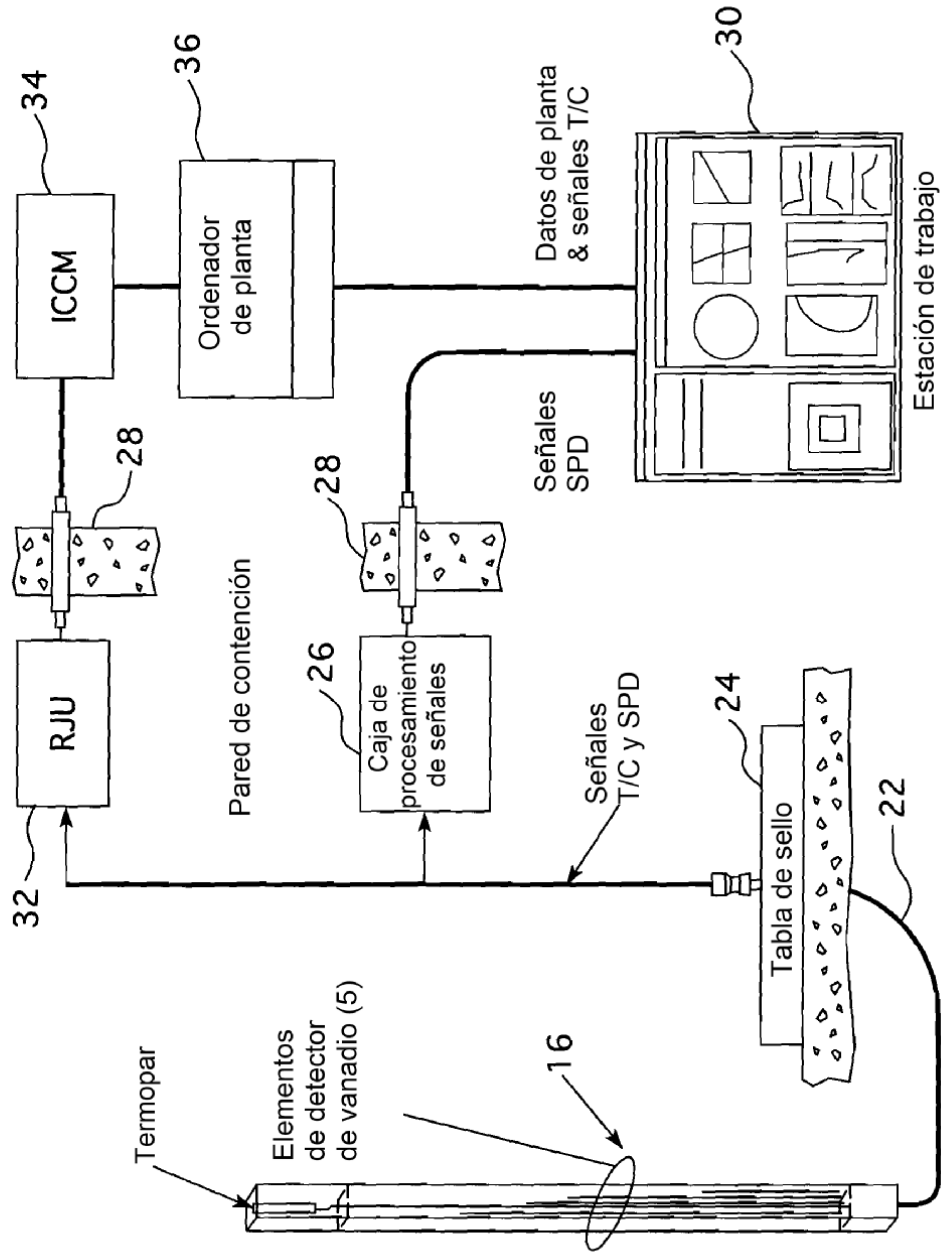


FIG. 3

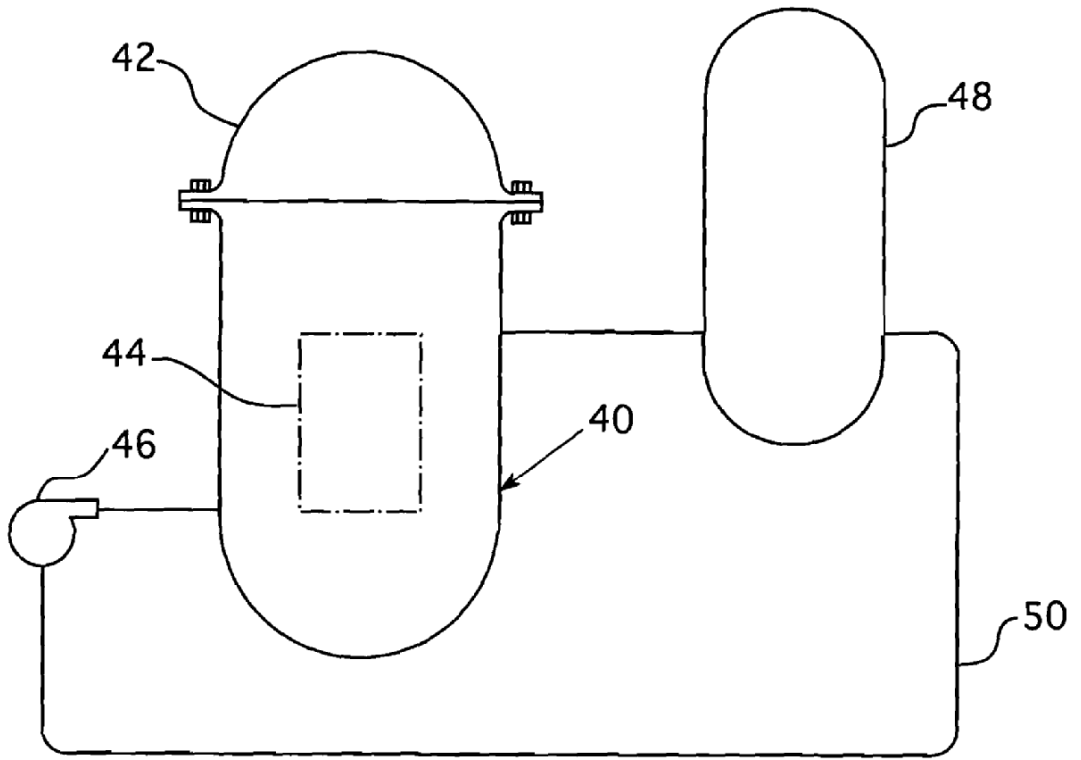
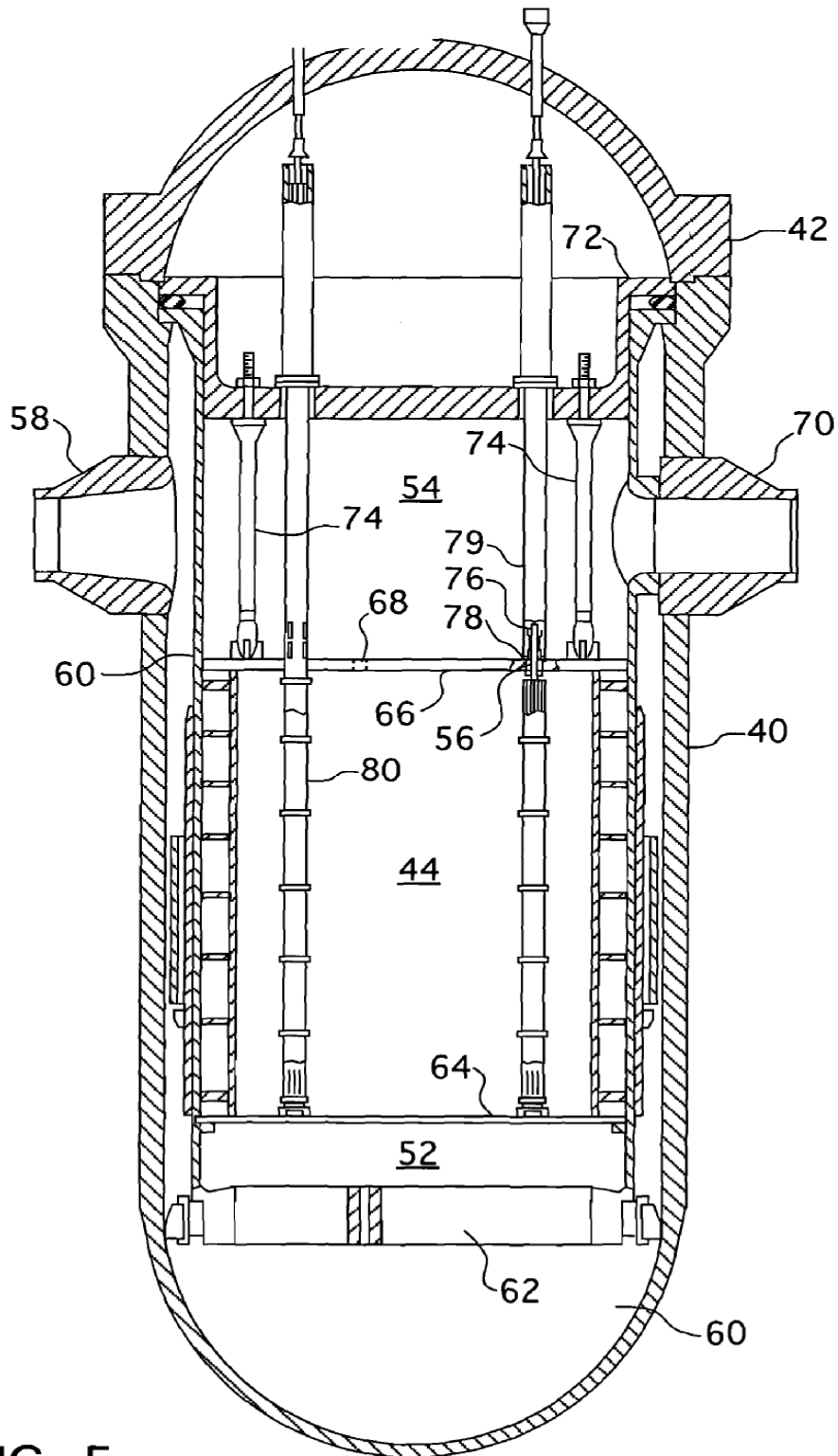


FIG. 4 Técnica anterior



**FIG. 5** Técnica anterior

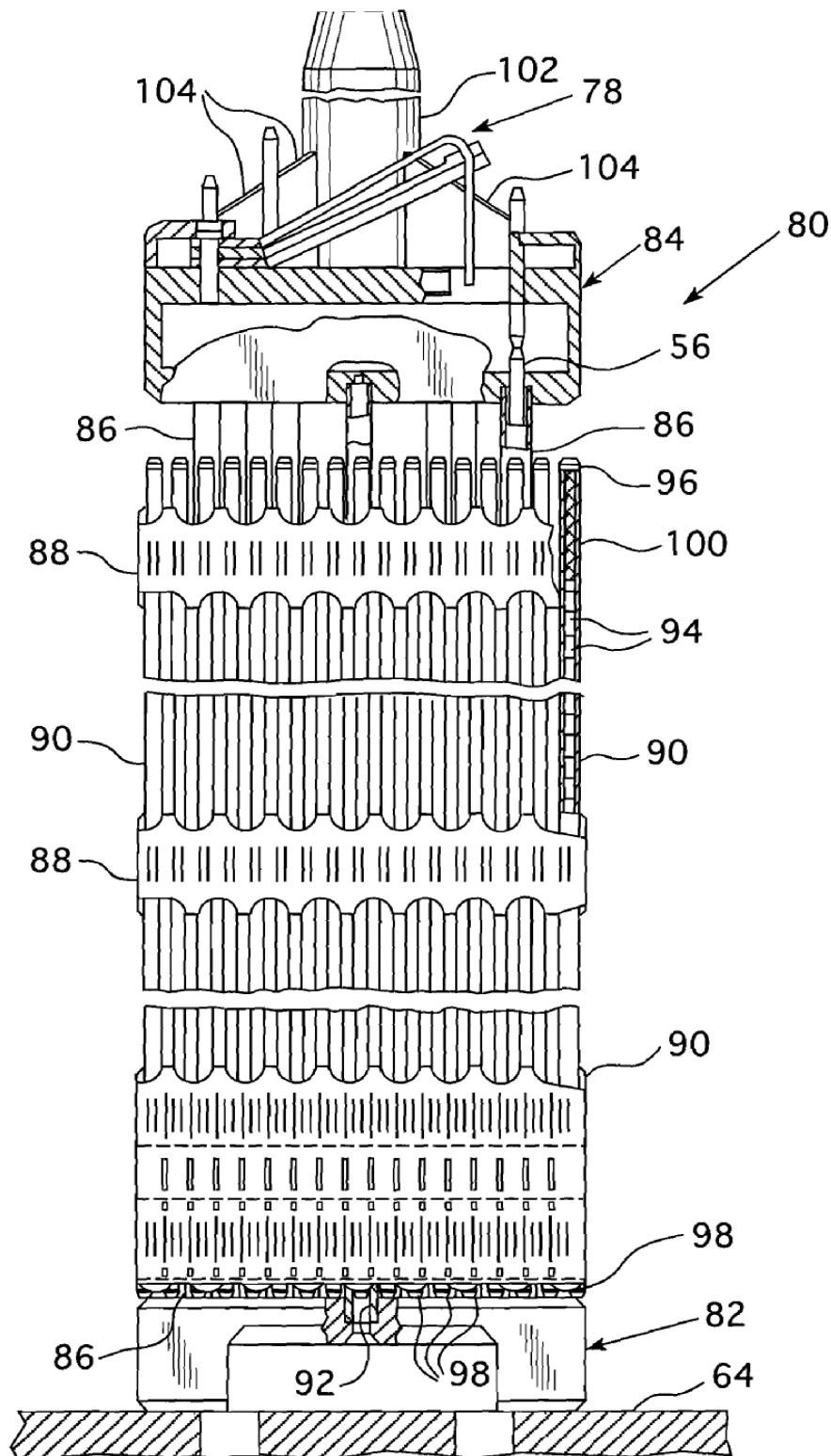


FIG. 6 Técnica anterior

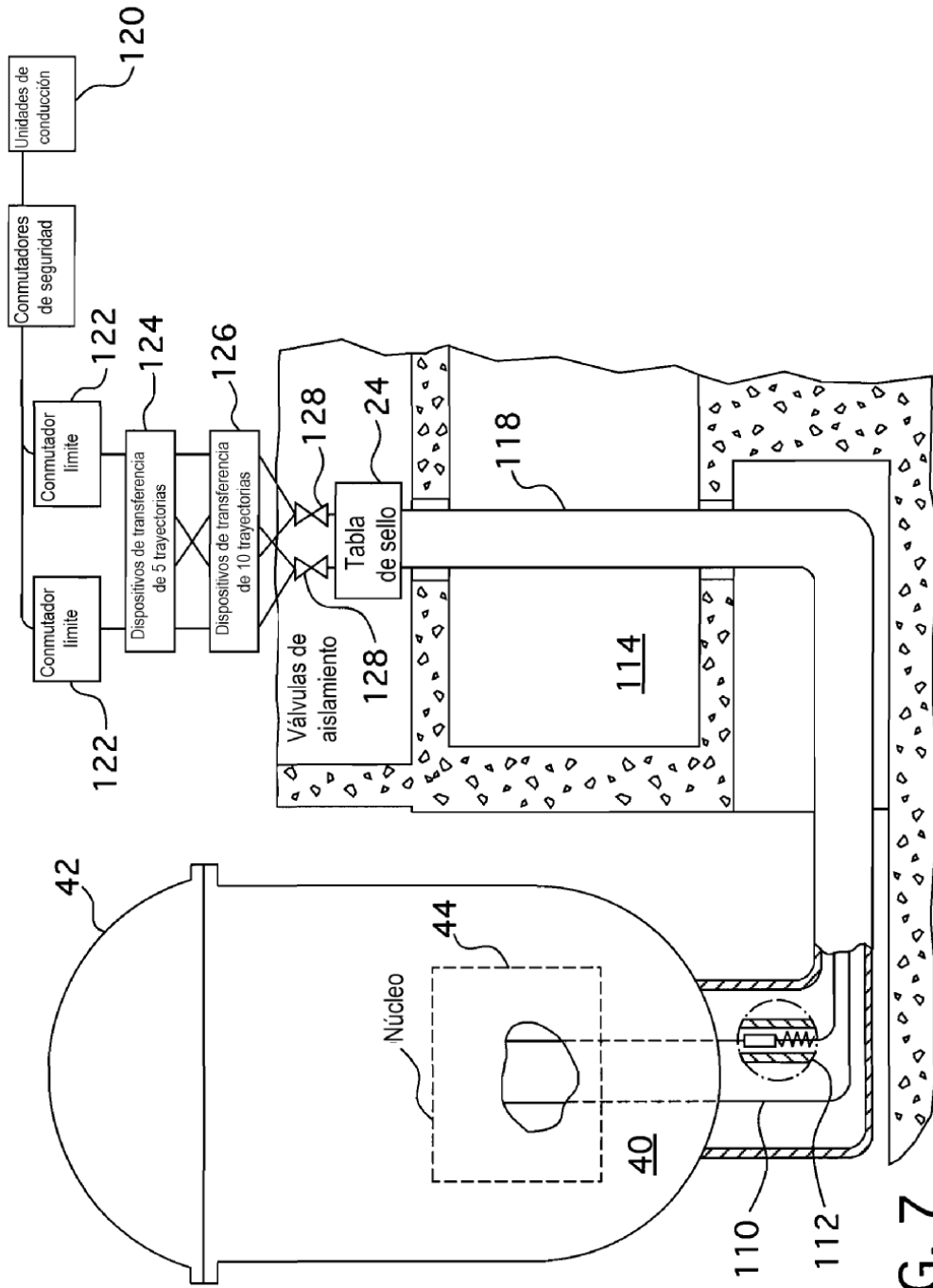


FIG. 7

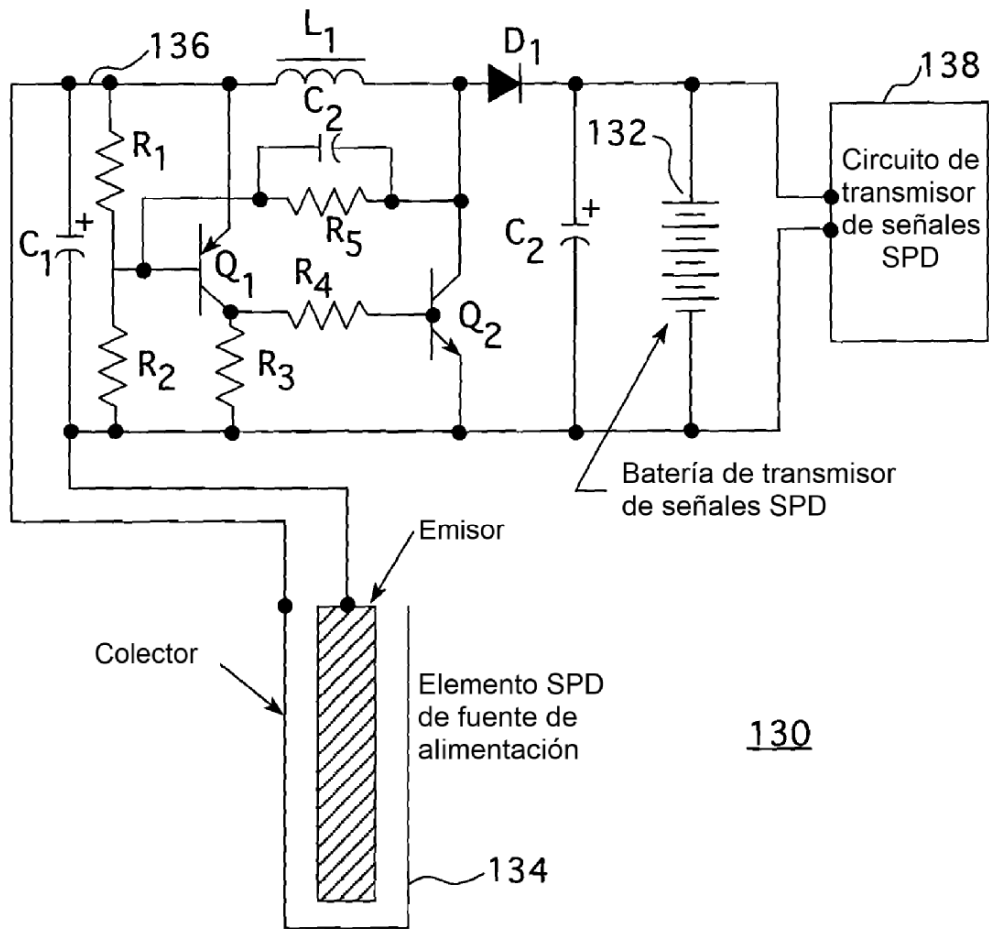


FIG. 8



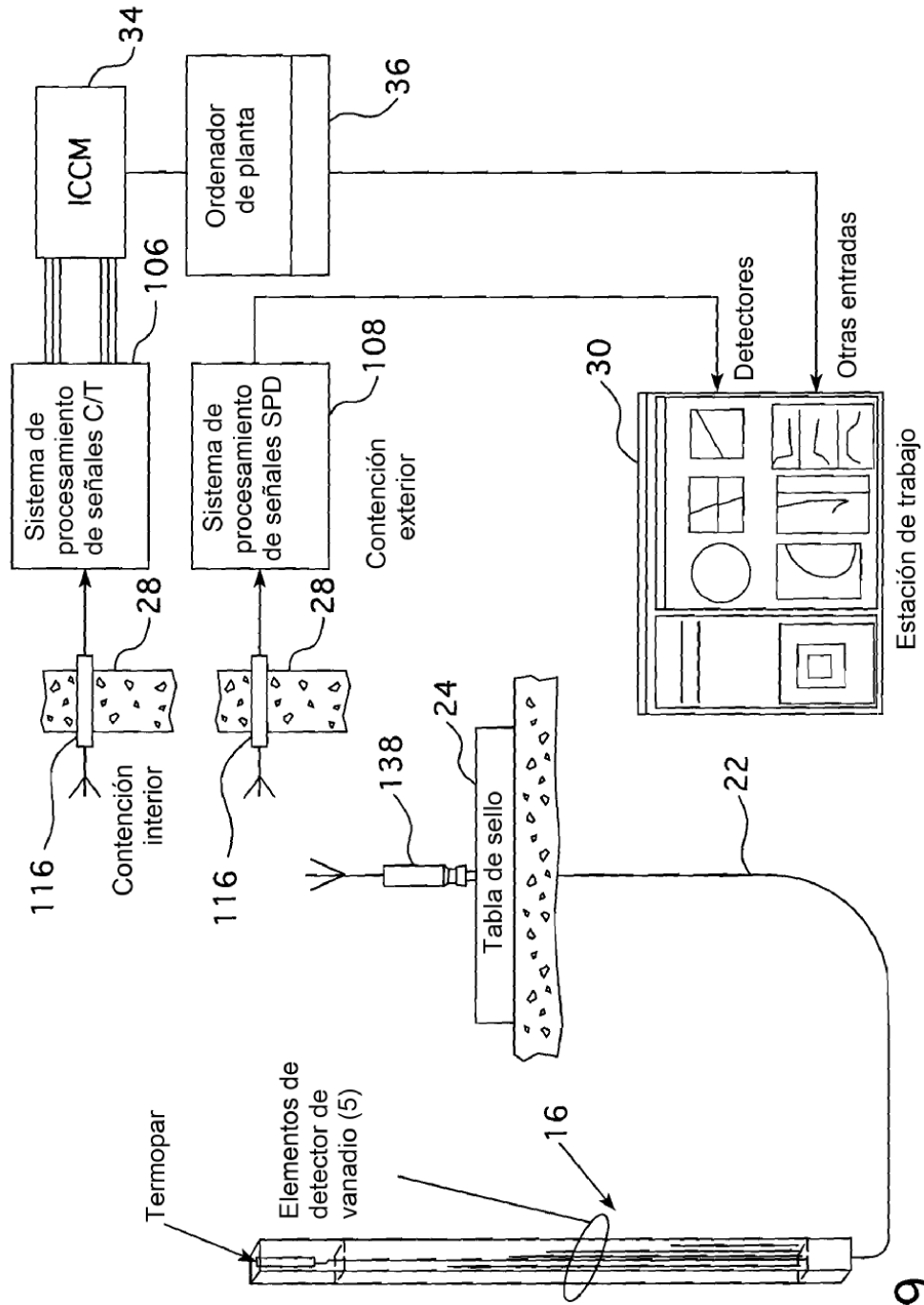


FIG. 9