

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 700 858**

51 Int. Cl.:

**G01R 35/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **18.06.2009 PCT/IL2009/000611**

87 Fecha y número de publicación internacional: **30.12.2009 WO09156982**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.06.2009 E 09769788 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.09.2018 EP 2304456**

54 Título: **Dispositivo y procedimiento de calibración de RF**

30 Prioridad:

**26.06.2008 US 147090**

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

**19.02.2019**

73 Titular/es:

**DUNE MEDICAL DEVICES LTD. (100.0%)  
20 Alon Hatavor Street Industrial Park-South  
38900 Caesarea, IL**

72 Inventor/es:

**HASHIMSHONY, DAN;  
COHEN, GIL y  
GELTNER, IDDO**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

ES 2 700 858 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

Dispositivo y procedimiento de calibración de RF

### Campo de la invención

5 La presente invención está generalmente en el campo de las técnicas de calibración, y se refiere a un procedimiento y sistema de calibración para su uso con un dispositivo de medida de RF.

### Antecedentes de la invención

La calibración es un proceso importante en cualquier técnica de medición: cuanto más alta es la precisión de la calibración, mejores serán los resultados de la medición, es decir mayor será la sensibilidad del sistema de medición a pequeñas variaciones en la medición.

10 El procedimiento de calibración de RF se dirige a la corrección de errores de medición, asegurando así que la respuesta de un dispositivo bajo ensayo (DUT, del inglés "Device Under Test") se registra correctamente. De acuerdo con las técnicas convencionales de la clase especificada, se usa frecuentemente un analizador vectorial de redes (VNA, del inglés "Vector Network Analyzer"), que incluye un transmisor/receptor de señal; las cargas de calibración se miden cuando se conectan a los puertos de señal apropiados del VNA, se lleva a cabo dicha conexión cada vez que ha de realizarse la calibración. Un dispositivo de calibración incluye un conjunto de cargas o terminales de calibración con cargas conocidas. La calibración consiste en la conmutación (manual o automáticamente) entre las cargas de calibración para medir secuencialmente la respuesta del VNA para cada una de estas cargas, y mediante esto determinar cómo es afectada la propagación de la señal entre el plano de transmisión/recepción y el plano de conexión del DUT por un medio de transmisión de la señal entre estos planos. Tras la finalización del procedimiento de calibración, el dispositivo de calibración es sustituido por el DUT.

Algunos ejemplos del procedimiento de calibración de la clase especificada se describen en los documentos US 5.434.511 y US 6.914.436. Ejemplos adicionales se divulgan en los documentos US 6.965.241 y US 6.417.674.

### Descripción general

25 Existe en la técnica la necesidad de facilitar un procedimiento de calibración de RF de modo que, por un lado, permita un mayor grado de precisión de un procedimiento de calibración y, por otro lado, elimine o al menos reduzca significativamente la necesidad de sustitución entre el dispositivo de calibración y el DUT (dispositivo de medición). Esta última característica es muy importante para diversas aplicaciones, por ejemplo aquellas que no permiten una desconexión frecuente de un dispositivo de medición y/o no permiten el acceso al dispositivo de medición.

30 La presente invención resuelve el problema anterior proporcionando un procedimiento de calibración de RF novedoso de acuerdo con la reivindicación independiente 10 y proporcionando una unidad de calibración y control novedosa de acuerdo con la reivindicación 1, que permiten la transferencia inmediata del plano de transmisión/recepción de la señal al plano de entrada del dispositivo de medición (es decir el plano de conexión al dispositivo de medición), y posiblemente transferir además el plano de entrada del dispositivo de medición al plano de medición del sensor o plano de medición del circuito de soporte del sensor. Esto se implementa usando el dispositivo de calibración que tiene coeficientes de reflexión conocidos, es decir cargas o terminales de las cargas conocidos (previamente ensayados), e integrando dicho dispositivo de calibración con el dispositivo de medición.

35 La invención puede usarse con cualquier matriz de unidades de medición, es decir el dispositivo de medición que comprende más de una unidad de medición (generalmente, al menos dos de dichas unidades de medición) que han de ser calibradas. En conexión con esto, la invención también permite considerar el efecto de la interferencia cruzada entre las unidades de medición (matriz de sondas) durante las mediciones.

40 De acuerdo con un aspecto amplio de la invención, se proporciona un dispositivo de medición configurado para ser conectable a una unidad analizadora a través de al menos una conexión de puerto de RF, comprendiendo el dispositivo de medición al menos una unidad de medición y al menos una unidad de calibración y control conectada a, e integrada con, dicha al menos una unidad de medición, estando configurada dicha unidad de calibración y control para permitir la conexión de cada una de dichas al menos una unidad de medición a la unidad analizadora a través de al menos un conector de RF, comprendiendo dicha unidad de calibración y control un número de terminales asociados con una pluralidad de cargas de calibración de coeficientes de reflexión de RF conocidos respectivamente y que comprende una utilidad de memoria que transporta los datos registrados indicativos de dichos coeficientes de reflexión de RF y datos registrados indicativos de los coeficientes de transferencia de RF de la unidad de calibración y control, permitiendo de ese modo el cálculo de una respuesta de RF de cada una de dichas al menos una unidad de medición mientras permanece integrada con la unidad de calibración y control.

50 Dado que la unidad de calibración y control está integrada con la unidad de medición, el proceso de calibración (de la respuesta de RF) de la unidad de medición puede llevarse a cabo en cualquier momento deseado, por ejemplo continua o periódicamente.

La unidad de calibración comprende una utilidad controladora, y un conmutador accionable de modo controlado que permite la conexión selectiva de cada uno de dichos terminales y dicha al menos una unidad de medición a la unidad analizadora (analizador de redes). La utilidad controladora de la unidad de calibración y control es conectable a un controlador de la unidad analizadora.

5 El dispositivo de medición puede incluir dos o más unidades de medición, conectada cada una a una unidad de calibración y control (CPC) a través de uno o más conectores de RF; igualmente puede incluir más de una unidad de CPC. En este último caso, cada unidad de CPC se asocia con una correspondiente de las conexiones del puerto de RF.

10 En algunas realizaciones de la invención, la unidad de CPC está encerrada dentro de una carcasa que tiene una cubierta para RF. Esto proporciona resistencia mecánica e inmunidad electromagnética a la unidad de CPC.

15 La unidad de CPC puede incluir más de un conmutador accionable para proporcionar una pluralidad de cargas de calibración. La utilidad de memoria puede almacenar datos que caracterizan la pluralidad de cargas de calibración. Los datos que caracterizan las cargas de calibración pueden incluir datos indicativos de la dependencia de valores de las cargas de calibración de una o más condiciones ambientales. La utilidad de memoria puede almacenar datos que caracterizan la unidad de CPC; dichos datos pueden incluir de modo similar datos indicativos de la dependencia de una respuesta de la unidad de calibración y control a las condiciones ambientales. En algunas otras realizaciones, la utilidad de memoria (también) almacena datos que caracterizan la(s) unidad(es) de medición; dichos datos pueden incluir datos de calibración de RF para la propagación de la señal de RF entre la unidad de CPC y la(s) unidad(es) de medición y puede incluir también datos indicativos de la dependencia de una respuesta de la(s) unidad(es) de medición de una o más condiciones ambientales.

20 Pueden proporcionarse así en el dispositivo de medición uno o más sensores para la detección de las condiciones ambientales.

La unidad de CPC puede incluir uno o más sensores de posición para determinar una posición de la(s) unidad(es) de medición.

25 La utilidad de memoria de la unidad de CPC almacena preferentemente datos indicativos de uno o más de los siguientes: datos de identificación de dicho dispositivo de medición, tiempo durante el que dicho dispositivo de medición se ha usado para mediciones, un número de mediciones llevadas a cabo por dicho dispositivo de medición, un número de secuencias de calibración realizadas por dicha unidad de calibración y control, un número de conexiones ejecutadas del dispositivo de medición al analizador. Esto permite controlar estos datos y tras la identificación de al menos una condición predeterminada, invocar una re-calibración de la(s) unidad(es) de medición. El proceso de re-calibración podría invocarse mediante la identificación de un cambio en una o más condiciones ambientales.

35 De acuerdo con otro amplio aspecto de la invención, se proporciona una unidad de calibración y control configurada para estar interconectada entre una unidad analizadora y al menos una unidad de medición mediante conectores con capacidad para transmisión de una señal de RF, y para ser conectados a la unidad analizadora a través de un conector de transmisión de datos, comprendiendo la unidad de calibración y control: un número de terminales de coeficientes de reflexión de RF conocidos respectivamente; y una utilidad de memoria que comprende datos registrados indicativos de los coeficientes de reflexión de RF de los terminales y datos registrados indicativos de los coeficientes de transferencia de RF de la unidad de calibración y control.

40 De acuerdo con otro amplio aspecto más de la invención, se proporciona un procedimiento para su uso en la calibración de al menos una unidad de medición mediante la conexión de dicha al menos una unidad de medición a una unidad analizadora a través de una o más conexiones de RF, comprendiendo el procedimiento:

- 45 - proporcionar una unidad de calibración y control que comprende: un número de terminales de coeficientes de reflexión de RF conocidos respectivamente, y una utilidad de memoria que lleva datos registrados indicativos de dichos coeficientes de recepción de RF y datos registrados indicativos de coeficientes de transferencia de RF de la unidad de calibración y control;
- integrar dicha unidad de calibración y control con al menos una unidad de medición, de manera que permita la conexión de la al menos una unidad de medición a la unidad analizadora a través de dicha unidad de calibración y control; y
- 50 - calibrar la al menos una unidad de medición mediante la utilización de dichos coeficientes de reflexión de RF conocidos y de los coeficientes de transferencia de RF de la unidad de calibración y control, para determinar una respuesta de RF de la al menos una unidad de medición mientras permanece integrada con la unidad de calibración y control.

55 Los datos registrados indicativos de dichos coeficientes de reflexión de RF y de los coeficientes de transferencia de RF de la unidad de calibración y control se proporcionan llevando a cabo un procedimiento de pre-calibración (fase 1 de calibración) antes de integrar la unidad de calibración y control dentro del dispositivo de medición.

De acuerdo con un aspecto adicional más de la invención, se proporciona un procedimiento para su uso en la

calibración de RF de una unidad de medición mediante su conexión a una unidad analizadora a través de al menos una conexión de puerto de RF, comprendiendo el procedimiento integrar una unidad de calibración y control con la unidad de medición, de tal manera que permita la conexión de la unidad de medición a la unidad analizadora a través de dicha unidad de calibración y control, en el que dicha unidad de calibración y control comprende un número de terminales de coeficientes de reflexión de RF conocidos respectivamente y que comprende una utilidad de memoria en la que se proporcionan y almacenan datos indicativos de dichos coeficientes de reflexión de RF y datos indicativos de los coeficientes de transferencia de RF de la unidad de calibración y control antes de que dicha unidad de calibración y control se integre con la unidad de medición, permitiendo de ese modo la calibración de RF de la unidad de medición cuando se requiera sin necesidad de desconectar la unidad de medición y la unidad de calibración y control.

Aplicaciones para las que puede ser útil la invención incluyen: supervisión medioambiental, por ejemplo en océanos, en localizaciones remotas; geofísica, por ejemplo detección en orificios perforados, detección en excavaciones; industrial, por ejemplo supervisión de producción en línea, supervisión en plantas de procesamiento; médica: dispositivos implantables, uso en un entorno estéril. Condiciones en las que el uso de la invención puede ser ventajoso incluyen: la posición del sensor es variable con relación a la consola; inaccesibilidad a la localización del sensor; el sensor es desechable; el sensor opera en un entorno peligroso; el sensor es estéril; el sensor opera en un cierto intervalo de temperaturas.

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

Para entender la invención y ver cómo puede llevarse a cabo en la práctica, se describirán ahora realizaciones, por medio de solo un ejemplo no limitativo, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

la **Fig. 1** es un diagrama de bloques del sistema de medición de acuerdo con la invención;

las **Figs. 2A y 2B** muestran ejemplos de la configuración del sistema de medición de la Fig. 1;

las **Figs. 3 y 4** ejemplifican la configuración de una unidad de calibración y control adecuada para ser usada en el dispositivo de medición de la presente invención, en donde la **Fig. 3** muestra la unidad de calibración y control por medio de un diagrama de bloques y la **Fig. 4** muestra el circuito eléctrico de la misma; y

las **Figs. 5A y 5B** muestran un diagrama de flujo de un ejemplo de un procedimiento de calibración de la presente invención.

### **Descripción detallada de realizaciones**

Con referencia a la **Fig. 1**, se ilustra en ella, por medio de un diagrama de bloques, un sistema de medición, designado en general como **10**, configurado y operativo de acuerdo con la invención. El sistema **10** incluye un dispositivo **12** de medición conectable a un analizador **16**. El dispositivo **12** de medición de la presente invención incluye una unidad **12A** (sonda) de medición y una unidad **12B** (CPC) de calibración y sonda de control. El analizador **16** incluye un analizador **14** vectorial de redes, y también una unidad de comunicación adecuada (no mostrada) para manejo de la comunicación digital y/o analógica con la unidad **12B** CPC.

El analizador **14** de redes puede ser de cualquier tipo adecuado conocido y por lo tanto no necesita ser descrito en detalle, excepto tomar nota de que se configura y es operativo para transmitir y recibir señales de RF. El analizador **14** de redes puede configurarse y ser operativo como un analizador de redes (VNA), para registrar tanto la amplitud relativa como la fase de las señales de RF.

El analizador **14** de redes se configura para llevar a cabo lo siguiente: transmitir y recibir señales de RF a través de sus puertos de señal; analizar las señales recibidas para determinar la amplitud y, opcionalmente, la fase de las mismas que es indicativa de la interacción de la señal con cargas de calibración; y proporcionar los parámetros de corrección de calibración. El analizador **14** de redes se configura también para medir una respuesta de RF del dispositivo **12** de medición usando los parámetros de corrección de calibración.

El analizador **16** puede tener características adicionales, por ejemplo puede ser responsable de situaciones de seguridad para impedir la reutilización del dispositivo **12** de medición o la instalación de otros dispositivos de medición no autorizados en el sistema, tal como se describirá adicionalmente a continuación. El analizador **16** puede proporcionar también al menos una de las siguientes facilidades para el dispositivo **12** de medición: alimentación eléctrica, medios para manejar la comunicación digital y/o analógica con el dispositivo **12** de medición, comunicación **19** de vacío/presión, una línea de dispensado de líquido, comunicación de señal óptica, comunicación de señal de ultrasonidos, así como proporcionar control y alimentación a un aparato/herramienta de ablación/corte en el dispositivo **12** de medición, entradas y/o salidas del usuario y/o la máquina, y controlar otros tipos de sondas a ser usadas en el dispositivo **12** de medición.

Se hace referencia a las **Figs. 2A y 2B** que ilustran ejemplos específicos pero no limitativos de la configuración del sistema **10** de medición. El dispositivo **12** de medición incluye una sonda **12A** y un CPC **12B** integrado con la sonda **12A**, que se aloja en una carcasa común **12C**. La sonda **12A** incluye un sensor **11** con su circuito **13** de soporte y se

conecta al CPC **12B** a través de un cable con un conector apropiado.

En el ejemplo de la **Fig. 2A**, hay solo una conexión de señal de RF (conexión de puerto de RF) entre el analizador **16** y el dispositivo **12** de medición. Esta conexión de RF puede usarse, por ejemplo, pero sin limitarse a, cuando el sensor **11** de la sonda está dirigido a la operación en modo de reflexión. También, como se ejemplifica en la **Fig. 2A**, se proporciona opcionalmente un cable **15** óptico de señal para transmitir señales ópticas a y/o desde el sensor **11** en la sonda **12A**.

En el ejemplo de la **Fig. 2B**, hay dos conexiones de señales de RF (conexiones de puerto de RF) entre el analizador **16** y el dispositivo **12** de medición. Esto podría usarse, por ejemplo, pero sin limitarse a, cuando el sensor **11** usado en la sonda **12A** se configura para operación en ambos modos de reflexión y de transmisión, o, por ejemplo, cuando el sensor **11** se configura para la operación con dos señales en modo de reflexión. Como también se muestra en el ejemplo de la **Fig. 2B**, se usa una línea de comunicación de vacío/presión para proporcionar comunicación **19** de vacío/presión a la sonda **12A**.

Debería apreciarse que realizaciones de la presente invención pueden utilizar más de dos conexiones de señales de RF entre el analizador **16** y el dispositivo **12** de medición. Puede haber generalmente  $n$  de dichas conexiones de señales de RF (conexiones de puerto de RF) entre la unidad analizadora y el dispositivo de medición, siendo  $n$  un entero igual a o mayor que 1.

La **Fig. 2A** muestra más específicamente la interfaz del analizador **16** con el dispositivo **12** de medición. Como se muestra, se proporcionan los cables **C<sub>1</sub>** y **C<sub>2</sub>**, en donde el cable **C<sub>1</sub>** se configura como un cable para transmisión de la señal de RF, por ejemplo un cable coaxial, y el cable **C<sub>2</sub>** se configura para transferencia de datos y control entre las unidades **12** y **16** y puede ser un cable USB, un cable coaxial, un cable para transmisión de datos en el protocolo RS232, un cable para transmisión de datos en el protocolo GFSK, o cualquier otro cable conocido en la técnica como utilizable para soporte de comunicación digital y/o analógica. El cable **C<sub>2</sub>** puede soportar también alimentación eléctrica al dispositivo **12** de medición. La unidad **12B** de CPC se conecta al cable **C<sub>1</sub>** a través de un conector **C<sub>3</sub>** de grado RF (por ejemplo, SMA macho), y se conecta al cable **C<sub>2</sub>** a través de un conector **C<sub>4</sub>** (por ejemplo SMA, o USB), permitiendo así la conexión de RF y la conexión de datos entre el dispositivo **12** de medición y el analizador **16**. En el lado de la sonda **12A**, la unidad **12B** de CPC se conecta a la sonda a través de un conector **C<sub>5</sub>** de grado de RF (por ejemplo SMA).

Los conectores de grado RF se seleccionan apropiadamente para proporcionar una interfaz que pueda definir un plano de calibración y dar resultados de medición repetibles. Los conectores de grado RF se usan para conexión de todas las trayectorias (puertos) de transmisión de señal de RF entre el dispositivo **12** de medición y el analizador **16**, y entre el CPC **12B** y la sonda **12A**. Ejemplos de conectores de grado RF incluyen: tipo-N, BNC, SMA SMB, MCX, MMCX, U.FL.

Preferentemente, la unidad **12B** de CPC (implementada como una tarjeta de circuito impreso) se encierra dentro de la carcasa, que tiene una cubierta de RF, para proporcionar resistencia mecánica e inmunidad electromagnética a la unidad **12B** de CPC. La resistencia mecánica de la carcasa permite una mejor calibración al eliminar la distorsión geométrica, que puede tener lugar, por ejemplo, debido a tensiones mecánicas o cambios ambientales de la unidad de CPC. Esta distorsión puede dar como resultado cambios en la propagación de las señales de RF dentro de la unidad de CPC, conduciendo a la degradación en el rendimiento de la calibración. La inmunidad electromagnética de la carcasa permite una mejor calibración al reducir la interferencia de RF de la unidad **12B** de CPC con la sonda **12A**, y reduciendo la interferencia de RF de fuentes de RF externas con la unidad **12B** de CPC. Los conectores de la unidad **12B** de CPC pueden integrarse dentro de la carcasa. La carcasa puede construirse para permitir la operación del dispositivo **12** de medición en diversas condiciones ambientales, y para permitir la esterilización del dispositivo de medición, mediante el uso de radiación y/o gas.

Debería tomarse nota de que, aunque no se muestra específicamente, el dispositivo **12** de medición puede incluir opcionalmente elementos de salida (por ejemplo indicadores LED) y/o de entrada (por ejemplo botón de control). Estos elementos se asocian con la sonda **12A** y se usan para el control de la operación de la misma.

Debería tomarse nota también de que el dispositivo de medición puede incluir más de un sensor **11** (generalmente, más de una unidad de medición) asociado con la unidad **12B** de CPC común. Por ejemplo, los conectores de RF **C<sub>5</sub>** en la **Fig. 2B** podrían usarse para la conexión de la unidad de CPC a dos sensores (aunque no se muestra específicamente).

Cuando hay presente más de una línea de RF **C<sub>5</sub>**, tanto asociada con la misma unidad de medición como con diferentes unidades de medición, podría existir interferencia cruzada entre las señales de RF que se propagan en diferentes líneas **C<sub>5</sub>**. Esto es, puede haber alguna fuga de señal (acoplamiento) entre estas líneas. Dicho efecto de interferencia cruzada debería preferentemente corregirse.

Esto puede conseguirse en tres etapas, como sigue:

En la primera etapa, se determinan los coeficientes de transferencia de RF entre las líneas **C<sub>5</sub>**. Como se ha descrito anteriormente, esto se realiza fuera de línea, antes de que se ensamble el dispositivo de medición. La determinación de los coeficientes de transferencia de RF puede realizarse, por ejemplo, usando el siguiente procedimiento:

(1) conectar las  $n$  líneas  $C_5$  (asociadas con  $n$  unidades de medición/sensores **11** de la unidad **12A** de medición) al analizador de red;

(2) someter a una carga conocida al sensor específico (unidad de medición), de entre los  $n$  sensores, mientras se mantienen los otros ( $n-1$ ) sensores sin carga (por ejemplo como una carga ABIERTA);

5 (3) medir las coeficientes de transferencia de RF en cada línea  $C_5$ , generando así la magnitud y fase de la transmisión entre las líneas adyacentes (es decir,  $SC_{ij}$ , en la que  $ij = 1$  a  $n$ ,  $i \neq j$ ).

En la segunda etapa, que también se realiza fuera de línea, estos coeficientes de transferencia de RF se almacenan en la utilidad de memoria **24**.

10 Opcionalmente, los datos de los parámetros SC anteriormente descritos pueden ajustarse, y los parámetros de ajuste almacenarse en la utilidad de memoria **24**. El ajuste permite el uso de menos espacio de almacenamiento de memoria.

La tercera etapa de corrección para la interferencia cruzada se lleva a cabo en línea, y puede ser como sigue:

(1) se recuperan los datos de los parámetros SC desde la utilidad de memoria **24**;

(2) siguiendo la fase 2 de la etapa de calibración, se realizan mediciones desde cada sensor **11**;

15 (3) se usan los datos de los parámetros SC para extraer la verdadera respuesta, interferencia cruzada corregida, de cada uno de los sensores **11**.

20 Se hace ahora referencia a la **Fig. 3** que ilustra un ejemplo no limitativo de la configuración de la unidad **12B** de CPC, adecuada para usarse en la configuración del sistema de ejemplo anteriormente descrito de la **Fig. 2A**, en donde hay solo una conexión de señales de RF (conexión de puerto de RF) entre un analizador **16** y un dispositivo **12** de medición. En este ejemplo, tanto la comunicación de datos como la alimentación al dispositivo **12** de medición se proveen a través de un cable  $C_2$  coaxial conectado al conector  $C_4$ , con las señales de comunicación de datos "cabalgando" (superpuestas) sobre una tensión de alimentación de CC. Como se muestra, la unidad **12B** de CPC incluye un conmutador **20** conectado a un cierto número de terminales, un controlador/procesador **22**, una utilidad de memoria **24** a ser usada como almacenamiento de códigos y datos, una unidad de conversión/estabilización de alimentación **26**, y una utilidad **28** de polarización (BIAS-TEE). La utilidad **28** de polarización se usa para separar entre la tensión de alimentación de CC del analizador **16** y las señales de comunicación de datos que cabalgan sobre esa CC. Esta tensión de alimentación se filtra y regula apropiadamente mediante la unidad **26** de conversión/estabilización de alimentación (por ejemplo los 5 voltios se convierten en una alimentación de 3,3 voltios mediante un regulador de tensión lineal (LVR)). Dicha tensión de alimentación filtrada y apropiadamente regulada proporciona tensiones de funcionamiento para el conmutador **20**, el controlador/procesador **22**, la memoria **24** y otros componentes dentro del dispositivo de medición que requieren alimentación eléctrica para funcionar.

Debería apreciarse que la alimentación/tensión de alimentación al dispositivo **12** de medición puede proporcionarse usando una conexión eléctrica separada dentro del cable  $C_2$ . En este caso, no hay necesidad de usar una utilidad **28** de polarización.

35 Debería apreciarse también que la alimentación/tensión de alimentación al dispositivo **12** de medición puede proporcionarse mediante una fuente de alimentación/tensión dentro del dispositivo **12** de medición, tal como una batería. En este caso, no hay necesidad de que el cable  $C_2$  se adapte a la fuente de alimentación al dispositivo **12** de medición.

40 El conmutador **20** puede soldarse al circuito CPC (tarjeta de circuito impreso). El conmutador tiene puertos **J1** y **J3** de conexión asociados con conexiones  $C_3$  y  $C_5$ , y se conecta también a una pluralidad de cargas de calibración. En el ejemplo presente, el conmutador **20** se asocia con tres terminales de cargas de calibración que incluyen una terminación **J2** CORTO, una terminación **J4** ABIERTA, y una terminación **J5** CARGA. Se apreciará que pueden usarse otros tipos de cargas de calibración, así como que el número de cargas de calibración puede ser mayor de tres. El número y/o tipo de cargas de calibración puede seleccionarse para mejorar la precisión de la calibración. Se aprecia que el conmutador **20** puede tener otros distintos a cuatro estados de conmutación. Adicionalmente, puede haber más de un conmutador en la unidad de CPC, operativo para proporcionar una pluralidad de cargas de calibración.

45 La utilidad de memoria **24** puede incluir tipos de memoria volátil y/o no volátil. Ejemplos de tipos de memoria volátil incluyen: memoria de acceso aleatorio estático (RAM), RAM dinámica, ejemplos de tipos de memorias no volátiles incluyen: EEPROM, EPROM, memoria flash, memoria solo de lectura.

En algunas realizaciones, la memoria **24** almacena datos que caracterizan la pluralidad de cargas de calibración. Los datos que caracterizan las cargas de calibración pueden ser dependientes de la frecuencia. Los datos que caracterizan las cargas de calibración pueden incluir también datos indicativos de la dependencia de los valores de las cargas de calibración de parámetros/condiciones ambientales por ejemplo: temperatura, humedad, aceleración,

agitación mecánica).

5 La memoria **24** almacena también datos que caracterizan la unidad **12B** de CPC, que pueden ser dependientes de la frecuencia. Estos datos pueden incluir parámetros complejos de doble puerto completo, coeficientes de transferencia, (S11, S22, S12, y S21) de la unidad de CPC. Los datos que caracterizan la unidad de CPC pueden incluir también datos indicativos de la dependencia de la respuesta de la unidad de CPC de parámetros/condiciones medioambientales (por ejemplo: temperatura, humedad, aceleración, agitación mecánica).

10 La memoria **24** puede almacenar también datos que caracterizan la sonda **12A**. Estos datos pueden incluir datos de calibración de RF la propagación de la señal de RF entre el conector **C<sub>5</sub>** y el sensor. Estos datos pueden incluir también información con relación a la respuesta específica del circuito de soporte del sensor y/o del sensor. Estos datos pueden incluir también datos indicativos de la dependencia de la respuesta de la sonda a parámetros/condiciones ambientales (por ejemplo, temperatura, humedad, aceleración, agitación mecánica).

La unidad de CPC puede incluir también sensores para registrar valores de parámetros ambientales. También, la unidad de CPC puede incluir sensores para determinar la localización/posición de la unidad **12** de medición, por ejemplo un receptor GPS.

15 La unidad de CPC puede construirse de modo que las trayectorias de propagación de la señal de RF dentro de ella estén en la forma de líneas de transmisión (TL). Las TL son útiles, por ejemplo, para eliminar el desacoplamiento de impedancia, para reducir la radiación, para reducir la interferencia cruzada dentro de la unidad de CPC. El posicionamiento de los componentes sobre la tarjeta del circuito de CPC, y el diseño de la tarjeta del circuito de CPC pueden ser tales que reduzcan la perturbación de la propagación de la señal de RF dentro de la unidad de CPC. Estas perturbaciones pueden asociarse con interferencias, pérdidas, interferencia cruzada, y ruido. La unidad de CPC puede construirse de modo que su tamaño sea típicamente menor de la mitad de una longitud de onda de las señales de RF que se propagan a través de ella. Por ejemplo, para señales de RF de aproximadamente 1 GHz, el tamaño dimensional mayor del CPC debería ser menor de 10 cm. Esto es útil para eliminar resonancias de cavidad dentro de la unidad de CPC. La unidad de CPC puede construirse de modo que su tamaño sea suficientemente pequeño para minimizar los errores relacionados con cambios de fase.

20 Como se ejemplifica más específicamente en la **Fig. 4**, los puertos **J1** y **J3** del conmutador (que pueden ser por ejemplo el AS204-80 disponible comercialmente de Skyworks Solutions, o el HMC345LP3 disponible comercialmente de Hittite Microwave Corporation) se conectan a las conexiones **C<sub>3</sub>** y **C<sub>5</sub>** (en la **Fig. 3**) a través de condensadores de 4700 pF. Como también se muestra en la figura, la terminación **J2** CORTO se cortocircuita a tierra a través de un condensador de 4700 pF, y la terminación **J5** CARGA se cortocircuita a tierra a través de una resistencia (resistencia SMT de 500 ohmios) y a través de un condensador de 4700 pF. Debería entenderse que los puertos del conmutador se conectan a condensadores de 4700 pF para bloquear la tensión de CC que surge durante el uso de ciertos tipos de conmutadores. La terminación ABIERTA no necesita ningún condensador, y en la terminación CARGA es mejor colocar el condensador tras una resistencia. Se aprecia que si el tipo de conmutador usado no da como resultado una tensión de CC presente en sus puertos (por ejemplo TS3V330 y/o TS5A3359 comercialmente disponibles de Texas Instruments), no hay necesidad de usar condensadores.

30 Volviendo a la **Fig. 3**, durante el proceso de calibración, la conmutación automatizada entre las terminaciones **J2**, **J4** y **J5** se lleva a cabo usando el conmutador controlado **20** en la unidad **12B** de CPC. Los parámetros S, coeficientes de transferencia, de la CPC (S11, S12, S21, S22) y el coeficiente de reflexión de cada trayectoria de terminación de calibración (S11abierta, S11corto y S11carga) se almacenan en la utilidad **24** de memoria. La operación de la utilidad **24** de memoria y la del conmutador **20** se controlan mediante el microcontrolador **22**. Opcionalmente, este controlador **22** controla también los elementos de salida (por ejemplo indicadores LED) y/o entrada (por ejemplo botón de control) dentro del dispositivo **12** de medición. El microcontrolador **22** también comunica con un microcontrolador (CPU) del analizador **16** a través de los circuitos de adaptación apropiados para la transferencia de datos entre el analizador **16** y el dispositivo **12** de medición, datos a ser usados además por el proceso de calibración. Adicionalmente, el microcontrolador **22** se configura y es operativo preferentemente para autenticar el dispositivo **12** de medición y para inhabilitar la reutilización del dispositivo de medición, tal como se describirá adicionalmente a continuación.

40 De acuerdo con la invención, el procedimiento de calibración es un procedimiento en dos fases que incluye la calibración preliminar (fase 1) que se lleva a cabo antes de integrar la unidad **12B** de CPC con el dispositivo **12** de medición. Esto permite una calibración "real" adicional (fase 2) durante la operación del dispositivo **12** sin necesidad de desmontar la unidad **12B** de CPC del dispositivo **12A** de medición. Así, además del procedimiento de calibración conocido en la técnica, que transfiere el plano de medición desde la salida del VNA al conector de entrada de una unidad de calibración, en la presente invención el plano de medición se transfiere inmediatamente/instantáneamente desde el plano de salida del analizador al plano de conexión a la unidad de medición (el plano de **C<sub>5</sub>** de la sonda **12A**) dentro del dispositivo de medición. En algunas realizaciones de la invención, se usa una etapa adicional de corrección de las señales de reflexión de RF para transferencia del plano de entrada al plano del sensor o al plano del circuito de soporte del sensor.

Se hace referencia a las **Figs. 5A y 5B** que ejemplifican un diagrama de flujo de un procedimiento de calibración de

la presente invención. Este ejemplo se refiere a la configuración del sistema de la **Fig. 2A**. Debería entenderse, sin embargo, que puede emplearse el mismo procedimiento cuando están presentes  $n$  conexiones (puertos) de señal de RF y/o cuando el número de cargas de calibración es mayor de tres.

5 Inicialmente, como se ilustra en la **Fig. 5A**, la fase 1 de calibración se lleva a cabo fuera de línea, concretamente antes de que se integre la unidad de calibración con el dispositivo de medición. En esta fase 1 de calibración, se determinan los coeficientes (S11) de reflexión complejos de las cargas de calibración S11abierta, S11corto, y S11carga (etapa 100). A continuación, se determinan los parámetros complejos de doble puerto completo, coeficientes de transferencia, (S11, S22, S12, y S21) de la unidad **12B** de CPC (etapa 104). La etapa 104 se lleva a cabo cuando el conmutador **20** se dirige al puerto **J3**, es decir la trayectoria de la señal de referencia del conmutador es desde el puerto **J1** al puerto **J3**. El coeficiente de reflexión S11abierta corresponde a S11 de **J1** cuando está conectado a **J4**; S11corto corresponde a S11 de **J1** cuando está conectado a **J2**; y S11carga corresponde a S11 de **J1** cuando está conectado a **J5**. Estos parámetros S descritos anteriormente pueden obtenerse de la forma estándar conocida la técnica.

15 En la segunda etapa de esta fase 1 de calibración, los datos indicativos de los parámetros S anteriormente descritos y los coeficientes de reflexión de las cargas de calibración (S11abierta, S11corto y S11carga) se almacenan en la utilidad **24** de memoria (etapa 102 y 106). Opcionalmente, los datos de los parámetros S anteriormente descritos pueden ajustarse, y los parámetros de ajuste se almacenan en la utilidad **24** de memoria. El ajuste permite el uso de menor espacio de almacenamiento de memoria dentro de la utilidad **24** de memoria.

20 A continuación, el dispositivo de medición se ensambla mediante la integración de una unidad **12A** de medición (sonda) con la unidad **12B** de CPC. Esta última contiene en su utilidad **24** de memoria datos indicativos de los parámetros S anteriormente descritos y las cargas de calibración (S11abierta, S11corto y S11carga), medidas durante la fase 1 de calibración. Desde esta etapa en adelante, la unidad **12A** de medición y la unidad **12B** de calibración y control se forman como un dispositivo **12** de medición integral.

25 En la operación del dispositivo **12** de medición, cuando se conecta al analizador **16**, se lleva a cabo la fase 2 de calibración en línea, utilizando los parámetros almacenados, para calcular las correcciones a las señales de RF medidas para transferir el plano de medición de la señal desde el plano de salida del analizador al plano de conexión a la sonda **12A** dentro del dispositivo de medición. Esto se ejemplifica en la **Fig. 5B**. La señal de medición se corrige en dos etapas.

30 El dispositivo **12** de medición se conecta primero a la unidad **16** analizadora (etapa 200) y de ese modo a la utilidad del analizador **14** de redes de la misma, a través de los cables **C1**, **C2**, y cables adicionales si hay más puertos de señal. Cada cable puede conectarse por separado. Opcionalmente todos los cables pueden incorporarse en un conector dedicado, que se conecta a un conector correspondiente sobre el analizador **16**. El uso de un conector dedicado es ventajoso, dado que proporciona una conexión más fácil, una conexión y extracción más rápida, y una trayectoria de conexión de la señal de RF de alta calidad. El conector puede incorporar otros cables y/o conexiones entre la unidad **16** analizadora y el dispositivo **12** de medición. Por ejemplo: línea de comunicación de vacío/presión, línea de dispensado de líquido, cable de señal óptica, cable del sensor de ultrasonidos, cable del aparato/herramienta de ablación/corte, o cables adicionales. Siguiendo la conexión, los datos (S11) del coeficiente de reflexión almacenados de cada una de las cargas de calibración dentro de la unidad de CPC y los parámetros del doble puerto completo (S11, S22, S12, S21) de la CPC se recuperan de la memoria **24** de la unidad de CPC para el analizador **16** (etapa 202).

40 A continuación, después de que el dispositivo **12** de medición se posicione en una localización de medición, se acciona el conmutador **20** para dirigir selectivamente las trayectorias de señal de RF desde la utilidad **14** del analizador de red a cada una de las cargas (**J2**, **J4** y **J5**) de calibración dentro de la unidad de CPC, y la utilidad **14** del analizador de red mide simultáneamente los coeficientes de reflexión de cada una de las cargas de calibración dentro de la unidad de CPC, y los datos medidos se registran en el analizador **16** (etapa 204). Los parámetros medidos incluyen:

- $\Gamma_1$  parámetro que es el coeficiente de reflexión medido correspondiente al interruptor dirigido a ABIERTA;
- $\Gamma_2$  parámetro que es el coeficiente de reflexión medido correspondiente al interruptor dirigido a CORTO;
- $\Gamma_3$  parámetro que es el coeficiente de reflexión medido correspondiente al interruptor dirigido a CARGA.

50 La medición de  $\Gamma_1$ ,  $\Gamma_2$ , y  $\Gamma_3$  solamente cuando el dispositivo **12** de medición está en su sitio asegura que la precisión de la calibración no estará afectada por variaciones espaciales en la posición relativa del dispositivo **12** de medición y la unidad **16** analizadora, y por cambios en el posicionamiento de los cables que los conectan.

El análisis de los coeficientes de reflexión y transmisión proporciona que:

$$\Gamma_m = S_{11} + S_{21} \cdot \Gamma_a \cdot S_{12} + S_{21} \cdot \Gamma_a \cdot S_{22} \cdot \Gamma_a \cdot S_{12} + \dots = S_{11} + S_{21} \cdot \Gamma_a \cdot S_{12} \cdot \sum_{n=0}^{\infty} (\Gamma_a \cdot S_{22})^n = \dots$$

$$\dots = S_{11} + S_{21} \cdot S_{12} \cdot \frac{\Gamma_a}{1 - S_{22} \cdot \Gamma_a} \equiv Ed + Ert \cdot \frac{\Gamma_a}{1 - Es \cdot \Gamma_a}$$

en la que  $\Gamma_m$  es el coeficiente de reflexión medido;  $\Gamma_a$  es el coeficiente de reflexión real;  $Ed = S_{11}$  es el error de directividad;  $Ert = S_{21} \cdot S_{12}$  es el error de seguimiento de reflexión; y  $Es = S_{22}$  es el error de coincidencia de origen.

5 Cuando se corrige un sistema lineal, la relación entre el coeficiente de reflexión medido y el coeficiente de reflexión real es:

$$\Gamma_m = Ed + Ert \cdot \frac{\Gamma_a}{1 - Es \cdot \Gamma_a}$$

Después de medir las reflexiones desde cada una de las terminaciones de calibración ( $\Gamma_1, \Gamma_2, \Gamma_3$ ) y obtener las reflexiones reales desde la memoria ( $S_1=S_{11}$ abierta,  $S_2=S_{11}$ corto,  $S_3=S_{11}$ carga) tal como se determinan durante la calibración preliminar (fase 1), los tres errores pueden calcularse usando las siguientes fórmulas:

$$\Gamma_1 = Ed + Ert \cdot \frac{S_1}{1 - Es \cdot S_1}$$

$$\Gamma_2 = Ed + Ert \cdot \frac{S_2}{1 - Es \cdot S_2}$$

$$\Gamma_3 = Ed + Ert \cdot \frac{S_3}{1 - Es \cdot S_3}$$

$$\Rightarrow$$

$$Es = \frac{(\Gamma_2 - \Gamma_1)(S_3 - S_1) - (\Gamma_3 - \Gamma_1)(S_2 - S_1)}{S_2(\Gamma_2 - \Gamma_1)(S_3 - S_1) - S_3(\Gamma_3 - \Gamma_1)(S_2 - S_1)}$$

$$Ert = \frac{(\Gamma_2 - \Gamma_1)(1 - Es \cdot S_1)(1 - Es \cdot S_2)}{S_2 - S_1}$$

$$Ed = \Gamma_1 - \frac{Ert \cdot S_1}{1 - Es \cdot S_1}$$

$$\Rightarrow$$

$$Corr1 = \frac{Ed - \Gamma_m}{Es \cdot Ed - Es \cdot \Gamma_m - Ert}$$

10 en la que  $Corr1$  es el resultado de la primera etapa de corrección a la reflexión de la señal de RF, y se considera para transferir el plano de medición desde el plano de salida del analizador de red al plano de entrada de la unidad de CPC ( $C_3$ ).

15 A continuación de esta corrección, las señales medidas cuando el conmutador se dirigió a las cargas de calibración dentro de la unidad de CPC ( $\Gamma_1, \Gamma_2, \Gamma_3$ ) ya no se usan más, hasta que se inicie una secuencia de calibración adicional.

A partir de este punto, el conmutador **20** se dirige a **J3**, esto es, la trayectoria de la señal de RF dentro del conmutador es desde **J1** a **J3**. Las mediciones por el sensor pueden realizarse a voluntad, o automáticamente.

20 Para cada medición realizada por el sensor, se realiza una compensación adicional para la respuesta de doble puerto interno de la unidad de CPC mediante el uso de los parámetros S ( $S_{11}, S_{22}$  y  $S_{12}, S_{21}$ ) de la unidad de CPC que se recuperaron desde la utilidad de memoria:

$$Corr1 = S11 + S21S12 \cdot \frac{Corr2}{1 - S22 \cdot Corr2}$$

⇔

$$Corr2 = \frac{Corr1 - S11}{Corr1 \cdot S22 + S12S21 - S11 \cdot S22}$$

5 en la que *Corr2* es el resultado de la segunda etapa de la corrección de la reflexión de señal de RF, y es tenido en cuenta para transferir el plano de medición desde el plano de entrada de la CPC (**C<sub>3</sub>**) al plano de entrada de la sonda (**C<sub>5</sub>**). La reflexión de la señal de RF corregida por *Corr2* es la señal de respuesta de RF final, totalmente calibrada, para reflexión.

10 Debería apreciarse que cuando hay más de una conexión de puerto de RF, se incorporan múltiples unidades de calibración y control de sonda (CPC) (tales como la unidad **12B** de calibración y control de sonda) dentro del dispositivo **12** de medición; las etapas 1 y 2 del proceso de calibración anteriormente descrito se realizan para cada conexión de puerto de señal de RF, dando como resultado la obtención de una señal de respuesta de RF, totalmente calibrada, para cada uno de los puertos de RF. Como se muestra en la **Fig. 2B**, puede usarse una única línea de control (**C<sub>2</sub>**) para controlar la operación de todas las múltiples unidades de calibración y control de sonda (CPC).

15 Opcionalmente, puede incorporarse una etapa adicional de corrección de la reflexión de señal de RF, para transferir el plano de medición desde el plano de entrada de la sonda (**C<sub>5</sub>**) al plano de medición del sensor o plano de medición del circuito de soporte del sensor. Esta corrección es similar en forma a la corrección para *Corr2*, y usa los parámetros que caracterizan la respuesta de doble puerto del cable de sonda y opcionalmente el circuito de soporte de la sonda. Estos parámetros de respuesta de doble puerto se miden previamente y se almacenan en la memoria **24** de la CPC. Durante la operación se recuperan de la memoria **24** por la unidad **16** analizadora.

20 Como se ha descrito anteriormente, pueden iniciarse “en cualquier momento” secuencias de calibración adicionales (re-calibración).

25 La re-calibración puede invocarse por el usuario, por el analizador (bien de modo periódico, o basándose en algunas entradas), y/o por el dispositivo **12** de medición (ya sea de modo periódico, o basándose en algunas entradas). Esta re-calibración es ventajosa cuando han cambiado condiciones espaciales, temporales, ambientales o una combinación de estas. Estos cambios pueden conducir a una degradación en la calibración de las señales de RF, y por ello es importante la re-calibración para mantener el nivel de precisión de las señales de RF medidas.

En particular, la calibración puede realizarse antes de cada medición, esto es, “calibración sobre la marcha”.

30 El procedimiento de re-calibración “remonta” desde la etapa 3 de la fase 2 del proceso de calibración. Esto es, cuando el conmutador se dirige selectivamente hacia cada una de las cargas de calibración dentro del CPC, los coeficientes de reflexión (S11) se miden de nuevo y se registran en el analizador **16**. A continuación, se deduce la corrección *Corr1*, ya detallada anteriormente. A continuación de esta corrección, el conmutador **20** se dirige a **J3**, esto es, la trayectoria de la señal de referencia del conmutador es desde **J1** a **J3**. Las mediciones por el sensor pueden realizarse a voluntad, o automáticamente. Para cada medición realizada por el sensor, se lleva a cabo la corrección *Corr2* adicional, como se ha detallado anteriormente. Específicamente, cuando se trabaja en el modo de “calibración sobre la marcha”, a continuación de cada medición por el sensor, se reinicia el procedimiento de re-calibración.

40 Como ya se ha descrito, la re-calibración puede iniciarse debido a la detección de cambios ambientales. Los cambios en los parámetros ambientales pueden afectar a la calibración, dado que las propiedades de RF de los componentes relacionados con la trayectoria de propagación de la señal de RF pueden depender de parámetros ambientales. Estos cambios pueden conducir a la degradación en la calibración de las señales de RF, y por ello es importante la re-calibración para mantener el nivel de precisión de las señales de RF medidas cuando cambian los valores de los parámetros ambientales.

45 La detección de los parámetros ambientales puede realizarse mediante el uso de sensores apropiados en el analizador **16** y/o en el dispositivo **12** de medición. Como ya se ha detallado, los datos que caracterizan la dependencia de los componentes del dispositivo **12** de medición de los valores de los parámetros ambientales se almacenan en la memoria **24**. Todas las etapas del procedimiento de calibración, descrito con referencia a las **Figs. 5A-5B**, pueden usar los datos que caracterizan la dependencia de los componentes del dispositivo **12** de medición de los valores de los parámetros ambientales, para mejorar la precisión del procedimiento de calibración.

50 La detección de los parámetros ambientales puede realizarse durante el procedimiento de medición. Los cambios en los parámetros ambientales pueden usarse para activar (iniciar) la re-calibración. La detección de los parámetros ambientales puede realizarse autónomamente por el dispositivo **12** de medición. La activación de la re-calibración se inicia por el dispositivo **12** de medición, cuando el (los) cambio(s) en el (los) parámetro(s) ambiental(es) es/son

5 mayores que el (los) umbral(es) correspondiente(s) almacenado(s) en la memoria **24**. La detección de los parámetros ambientales puede realizarse por el analizador **16**, mediante el registro de los valores de los parámetros ambientales, desde los sensores apropiados en el dispositivo **12** de medición y/o desde los sensores apropiados en el analizador **16**. La activación de la re-calibración se inicia por el analizador **16**, cuando los cambios en los parámetros ambientales son mayores que los umbrales almacenados en la base de datos del analizador **16**.

Opcionalmente, los valores de los parámetros ambientales se guardan/almacenan/registran continuamente, o selectivamente, en la memoria **24** y/o en la base de datos del analizador **16**.

10 Como se ha indicado anteriormente, la presente invención proporciona también la prevención de reutilización indeseable del dispositivo o la instalación de otros dispositivos de medición no autorizados en el sistema. Con este fin, la utilidad **24** de memoria puede almacenar también datos de identificación (ID) del dispositivo de medición específico, opcionalmente en forma encriptada. Cada sonda **12A** y/o cada unidad **12B** de CPC está(n) asociadas con un dato de ID único. Durante la producción de un dispositivo de medición, su dato de ID único se almacena en la memoria **24**. En la operación, el microcontrolador del dispositivo de medición o del analizador **16** funciona para acceder a los datos de ID respectivos en la utilidad de memoria, y lleva a cabo un proceso de identificación (por ejemplo: lee el ID de la sonda y/o unidad de CPC, realiza la autenticación de los datos de ID, compara los datos de ID con la base de datos en el analizador **16**, compara los datos medidos con la respuesta específica del sensor), y solo posteriormente permite el inicio del uso del dispositivo **12** de medición.

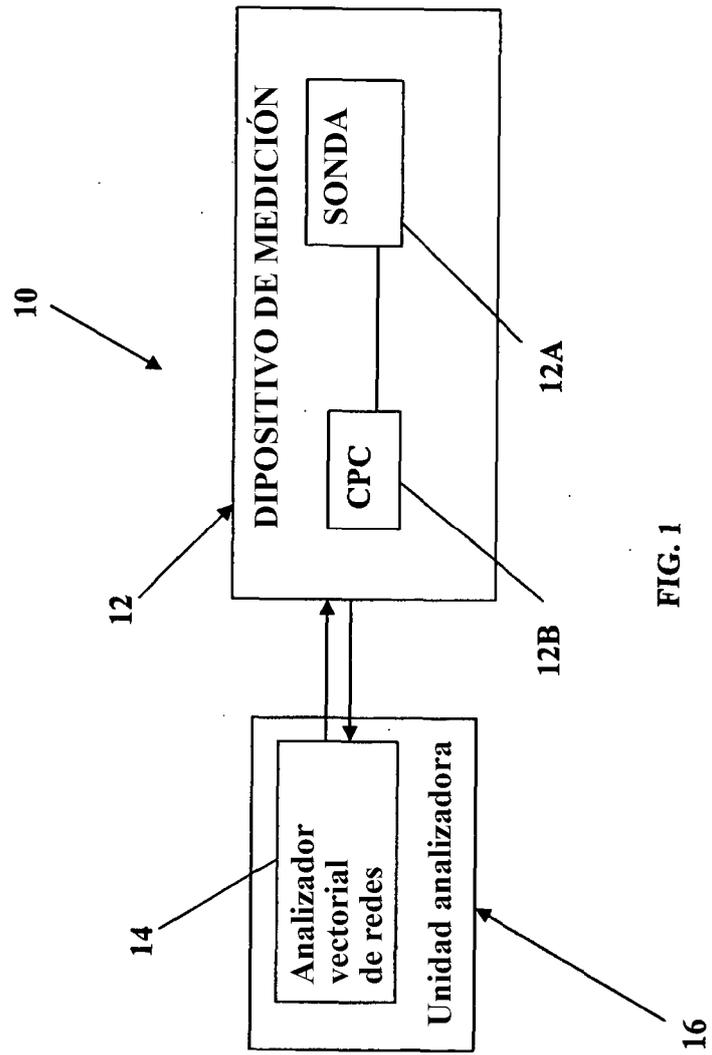
15 La memoria **24** puede almacenar también datos de uso del dispositivo de medición, opcionalmente en una forma encriptada. Por ejemplo: tiempo de uso, número de usos, número de secuencias de calibración realizadas, número de conexiones ejecutadas desde el dispositivo **12** de medición al analizador **16**, número de mediciones realizadas. Estos datos de uso del dispositivo de medición pueden usarse para supervisar/imponer/limitar/controlar la forma en la que se usa el dispositivo **12**.

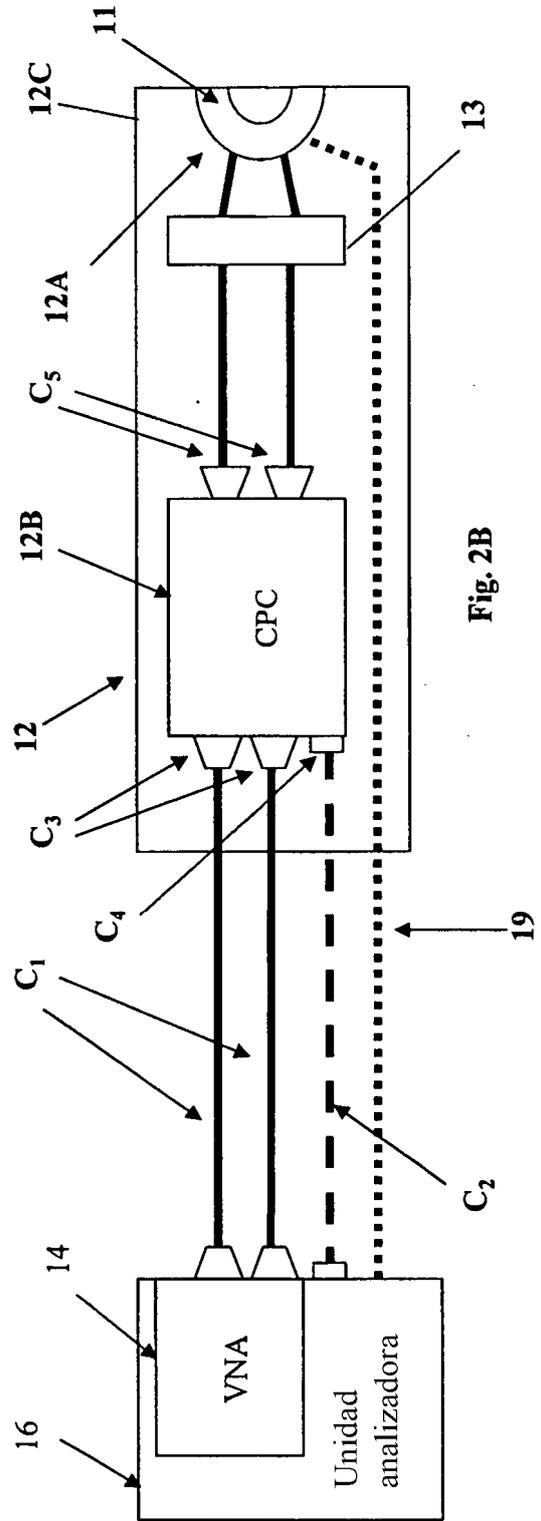
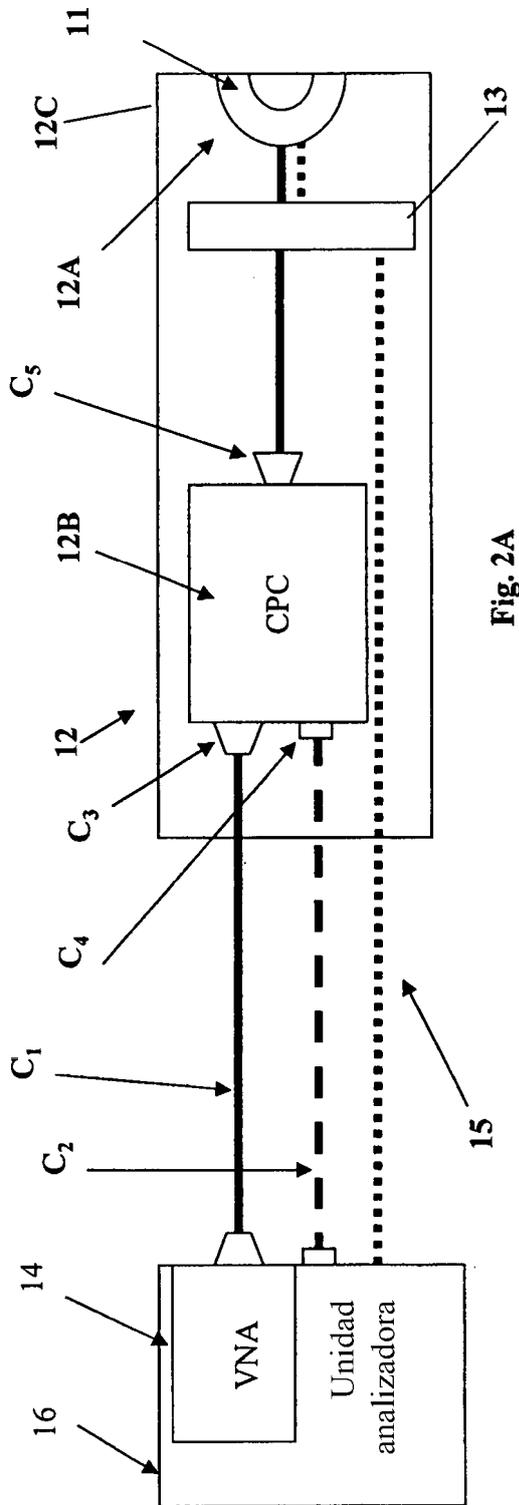
## REIVINDICACIONES

1. Una unidad (12B) de calibración y control configurada para conectarse de modo integral a al menos una unidad (12A) de medición, y para estar interconectada entre una unidad (16) analizadora y dicha al menos una unidad de medición mediante conectores (C5) con capacidad para la transmisión de señales de RF, y para conectarse a la unidad analizadora través de un conector (C2, C4) de transmisión de datos, comprendiendo la unidad de calibración y control:
- al menos tres terminales (J2, J4, J5) de carga de calibración de coeficientes de reflexión de RF conocidos, una utilidad (24) de memoria que almacena los datos registrados indicativos de los coeficientes de reflexión de RF conocidos de dichos al menos tres terminales de carga de calibración y los datos registrados indicativos de un conmutador (20) que comprende un primer y segundo puertos (J1, J3) de conexión para conectar a la unidad de medición y a la unidad analizadora respectivamente, y al menos tres puertos de conexión para conectar a dichos al menos tres terminales de carga de calibración, teniendo de ese modo el conmutador al menos cuatro estados de conmutación que permiten la conexión selectiva de cada uno de dichos al menos tres terminales de carga de calibración y cada una de dichas al menos una unidad de medición a la unidad analizadora, y una utilidad (22) controladora **caracterizada por**: estar configurada, la utilidad controladora, para controlar la operación de dicha utilidad de memoria y dicho conmutador para de ese modo:
- llevar a cabo una primera etapa fuera de línea de un procedimiento de calibración, llevado cabo antes de integrar dicha unidad de calibración y control con dicha unidad de medición, comprendiendo dicha etapa fuera de línea la medición y registro en la utilidad de memoria de dichos datos registrados indicativos de dichos coeficientes de reflexión de RF conocidos de dichos al menos tres terminales de carga de calibración e indicativos de dichos coeficientes de transferencia de RF de la unidad de calibración y control, y transferir dichos datos registrados desde dicha utilidad de memoria a dicha unidad analizadora, durante una segunda etapa en línea del procedimiento de calibración llevada a cabo cuando dicha unidad de calibración y control se integra con dicha unidad de medición y se conecta a dicha unidad analizadora, para ser usados para calibrar cada una de dichas al menos una unidad de medición, permitiendo de ese modo el cálculo de una respuesta de RF de cada una de dichas al menos una unidad de medición mientras dicha al menos una unidad de medición permanece integrada con la unidad de calibración y control y dicha unidad de calibración y control permanece conectada a la unidad analizadora.
2. Dispositivo de medición (12) configurado para ser conectable a una unidad (16) analizadora a través de al menos una conexión (C3) de puerto de RF, comprendiendo el dispositivo (12) de medición al menos una unidad (12A) de medición y al menos una unidad (12B) de calibración y control de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dicha al menos una unidad de calibración y control se conecta de modo integrado a dicha al menos una unidad (12A) de medición, y se conecta a dicha unidad (16) analizadora a través de dicha al menos una conexión (C3) de puerto de RF.
3. El dispositivo de la reivindicación 2, en el que la unidad de calibración y control tiene al menos una de las siguientes configuraciones: (i) comprende más de un conmutador, operativo cada uno para proporcionar una pluralidad de cargas de calibración; (ii) comprende uno o más sensores para determinar una posición de dicha al menos una unidad de medición; y (iii) comprende uno o más sensores para detectar una o más condiciones ambientales.
4. El dispositivo de la reivindicación 2 o 3, que tiene al menos una de las siguientes configuraciones: (i) comprende al menos dos unidades de medición, conectada cada una a dicha unidad de calibración y control a través de uno o más conectores de RF; y (ii) comprende más de una unidad de calibración y control, asociada cada una con una correspondiente de las conexiones de puerto de RF, calculándose la respuesta de RF de cada una de dichas al menos una unidad de medición para cada una de dichas conexiones de puerto de RF.
5. El dispositivo de una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que la unidad de calibración y control está encerrada dentro de una carcasa que tiene una cubierta para RF que proporciona resistencia mecánica e inmunidad electromagnética a la unidad de calibración y control.
6. El dispositivo de una cualquiera de las reivindicaciones 2 a 4, en el que dicha utilidad de memoria se configura para llevar a cabo al menos uno de entre lo siguiente: (a) almacenar datos que caracterizan la pluralidad de cargas de calibración; (b) almacenar los datos que caracterizan la unidad de calibración y control; (c) almacenar datos que caracterizan dicha al menos una unidad de medición; (d) almacenar datos indicativos de al menos uno de lo siguiente: datos de identificación de dicho dispositivo de medición, tiempo durante el que dicho dispositivo de medición se ha usado para mediciones, un número de mediciones llevadas a cabo por dicho dispositivo de medición, un número de secuencias de calibración realizadas por dicha unidad de calibración y control, un número de conexiones ejecutadas del dispositivo de medición al analizador.

7. El dispositivo de la reivindicación 6, en el que dichos datos que caracterizan la pluralidad de cargas de calibración comprenden datos indicativos de la dependencia de los coeficientes de reflexión de RF de las cargas de calibración de las condiciones ambientales que incluyen al menos una de las siguientes: temperatura, humedad, aceleración y agitación mecánica.
- 5 8. El dispositivo de la reivindicación 6 o 7, en el que dichos datos que caracterizan la unidad de calibración y control incluyen datos indicativos de la dependencia de una respuesta de RF de la unidad de calibración y control de las condiciones ambientales que incluyen al menos una de entre temperatura, humedad, aceleración, agitación mecánica.
- 10 9. El dispositivo de una cualquiera de las reivindicaciones 6 a 8, en el que dichos datos que caracterizan dicha al menos una unidad de medición comprenden al menos uno de los siguientes: (a) datos de calibración de RF para la propagación de la señal de RF entre la unidad de calibración y control y dicha al menos una unidad de medición; (b) datos indicativos de la dependencia de una respuesta de RF de dicha al menos una unidad de medición de las condiciones ambientales que incluyen al menos una de entre temperatura, humedad, aceleración, agitación mecánica.
- 15 10. Un procedimiento para su uso en la calibración de al menos una unidad (12A) de medición mediante la conexión de dicha al menos una unidad de medición a una unidad (16) analizadora través de una o más conexiones de RF, comprendiendo el procedimiento:
- proporcionar una unidad (12B) de calibración y control que comprende:
    - al menos tres terminales (J2, J4, J5) de carga de calibración de coeficientes de reflexión de RF conocidos,
    - 20 una utilidad (24) de memoria que almacena los datos registrados indicativos de los coeficientes de reflexión de RF conocidos y datos registrados indicativos de los coeficientes de transferencia de RF de la unidad de calibración y control,
    - un conmutador (20) que comprende un primer y segundo puertos (J1, J3) de conexión para conectar a la unidad de medición y a la unidad analizadora respectivamente, y al menos tres puertos de conexión para
    - 25 conectar a dichos al menos tres terminales (J2, J4, J5) de carga de calibración, teniendo de ese modo el conmutador al menos cuatro estados de conmutación que permiten la conexión selectiva de cada uno de dichos al menos tres terminales de carga de calibración y cada una de dichas al menos una unidad (12A) de medición a la unidad (16) analizadora, y
    - una utilidad (22) controladora configurada para controlar la operación de dicha utilidad (24) de memoria y dicho conmutador (20) para de ese modo llevar a cabo una primera etapa fuera de línea de un procedimiento
    - 30 de calibración, llevando cabo antes de integrar dicha unidad de calibración y control con dicha unidad de medición, comprendiendo dicha etapa fuera de línea la medición y registro en la utilidad de memoria de dichos datos registrados indicativos de dichos coeficientes de reflexión de RF conocidos de dichos al menos tres terminales de carga de calibración e indicativos de dichos coeficientes de transferencia de RF de la
    - 35 unidad de calibración y control,
  - integrar dicha unidad de calibración y control con la al menos una unidad de medición, en una forma que permita la conexión de al menos una unidad de medición a la unidad analizadora a través de dicha unidad de calibración y control usando al menos un conector de RF entre la unidad de calibración y control y la al menos
  - 40 una unidad de medición y la operación de dicha utilidad controladora para transferir dichos datos registrados desde dicha utilidad de memoria a dicha unidad analizadora durante una segunda etapa en línea del procedimiento de calibración; y
  - calibrar al menos una unidad de medición utilizando dichos coeficientes de reflexión de RF conocidos y los coeficientes de transferencia de RF de la unidad de calibración y control, para determinar de ese modo una
  - 45 respuesta de RF de la al menos una unidad de medición mientras dicha al menos una unidad de medición permanece integrada con la unidad de calibración y control.
11. El procedimiento de la reivindicación 10, en el que dicha calibración se lleva a cabo para cada una de las conexiones de RF.
12. El procedimiento de la reivindicación 10 u 11, que comprende además llevar a cabo al menos uno de lo siguiente:
- 50 (i) realizar una corrección adicional de dicha respuesta de RF de la unidad de medición mediante la determinación de una respuesta de RF de al menos un sensor dentro de dicha unidad de medición;
  - (ii) tras la conexión de dicha al menos una unidad de medición a la unidad analizadora a través de dicha unidad de calibración y control, recuperar los coeficientes de transferencia de RF de la unidad de calibración y control desde dicha utilidad de memoria de la unidad de calibración y control al interior de la unidad analizadora;
  - 55 (iii) realizar selectivamente la re-calibración de dicha al menos una unidad de medición, siendo invocada la re-calibración por al menos uno de entre el usuario, el analizador, y la unidad de medición.

- 5 13. El procedimiento de la reivindicación 12, que comprende accionar dicho conmutador en la unidad de calibración y control para dirigir selectivamente una trayectoria de señal de RF desde una utilidad analizadora de red en la unidad analizadora a cada uno de dichos terminales de carga de calibración dentro de la unidad de calibración y control, y medir simultáneamente, mediante dicho analizador de redes, los coeficientes de reflexión de cada uno de los terminales, y registrar los datos medidos en la unidad analizadora.
- 10 14. El procedimiento de una cualquiera de las reivindicaciones 10 a 13, que comprende realizar selectivamente la re-calibración de dicha al menos una unidad de medición llevando a cabo lo siguiente:  
determinar al menos uno de lo siguiente: datos de identificación de dicha al menos una unidad de medición, tiempo durante el que dicha al menos una unidad de medición se ha usado para mediciones, un número de mediciones llevadas a cabo por dicha al menos una unidad de medición, un número de secuencias de calibración realizadas por dicha unidad de calibración y control, un número de conexiones ejecutadas desde dicha al menos una unidad de medición al analizador;  
15 analizar los datos determinados y tras la identificación de la existencia de al menos una condición predeterminada de dichos datos, invocar selectivamente la re-calibración de dicha al menos una unidad de medición.
- 20 15. El procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 10 a 13, que comprende llevar a cabo al menos uno de lo siguiente: (1) realizar selectivamente la re-calibración de dicha al menos una unidad de medición mediante la detección de al menos una condición ambiental, que incluye al menos una de entre temperatura, humedad, aceleración, agitación mecánica e identificar un cambio en dicha condición, invocando la re-calibración de dicha al menos una unidad de medición; (2) determinar la dependencia de la respuesta de RF de dicha al menos una unidad de medición respecto a al menos una condición ambiental; y (3) corregir la interferencia cruzada entre medias de los conectores de RF entre la unidad de calibración y control y la al menos una unidad de medición.





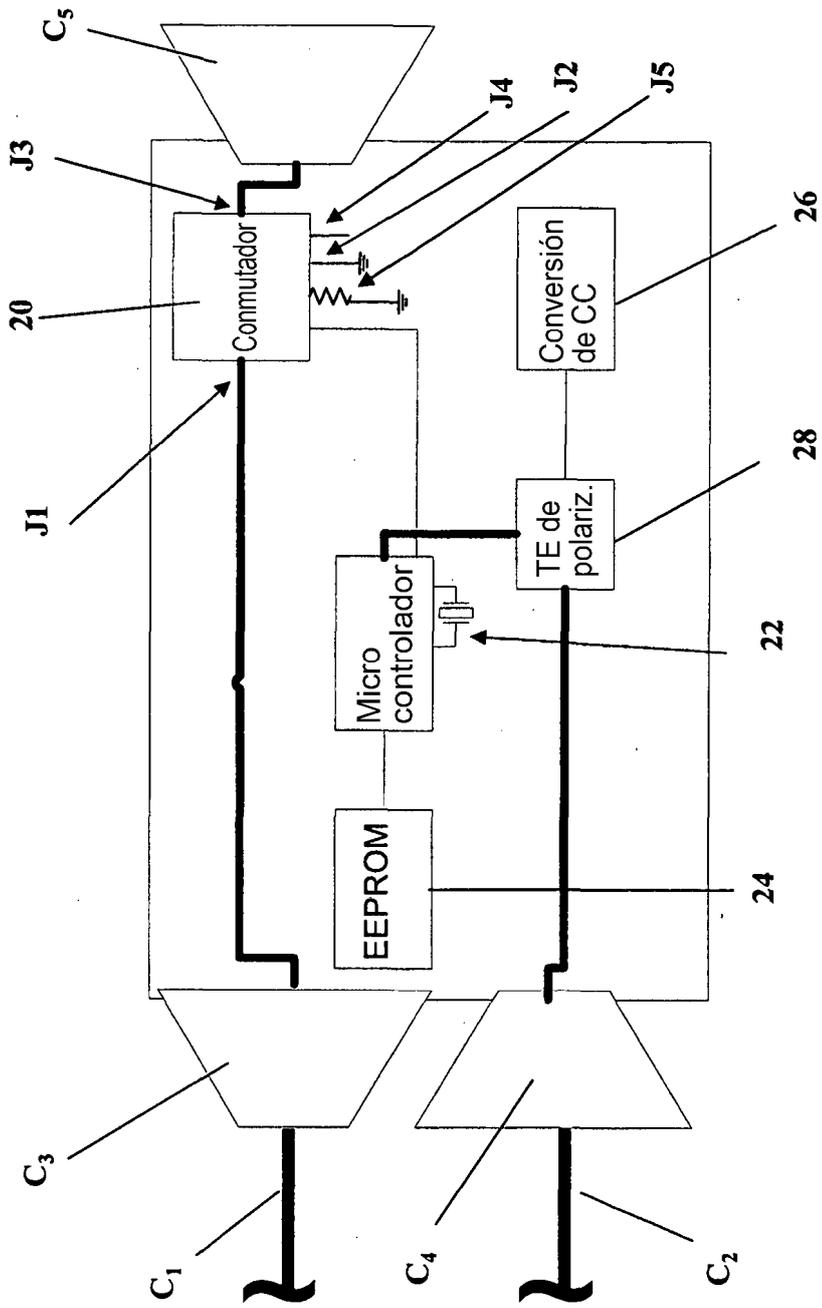


Fig. 3

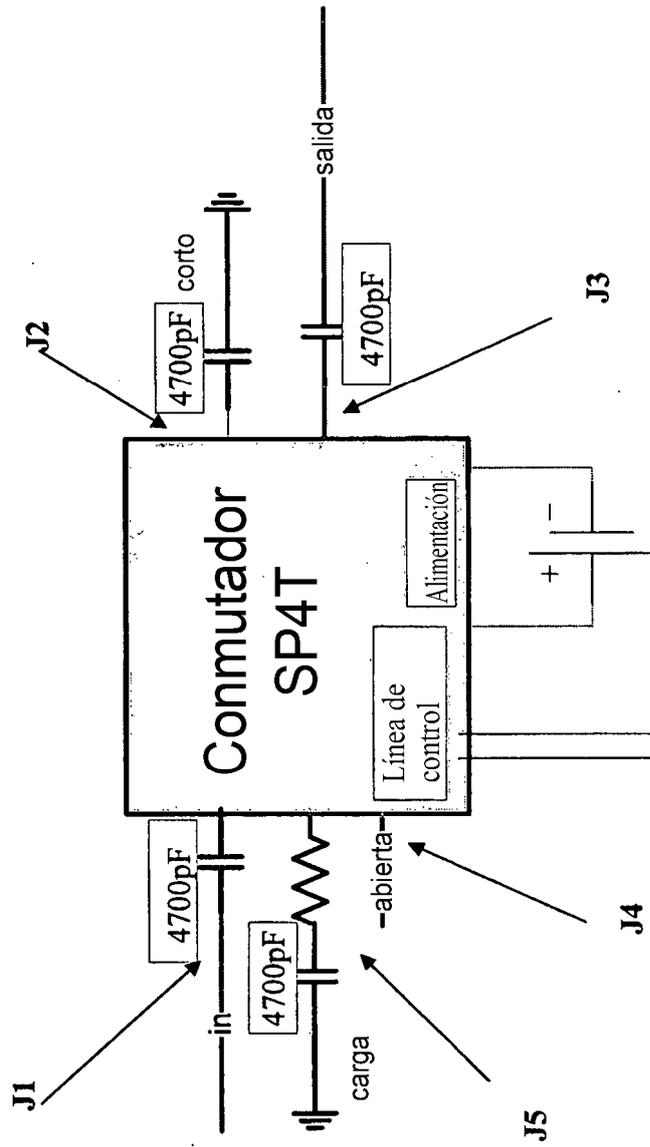
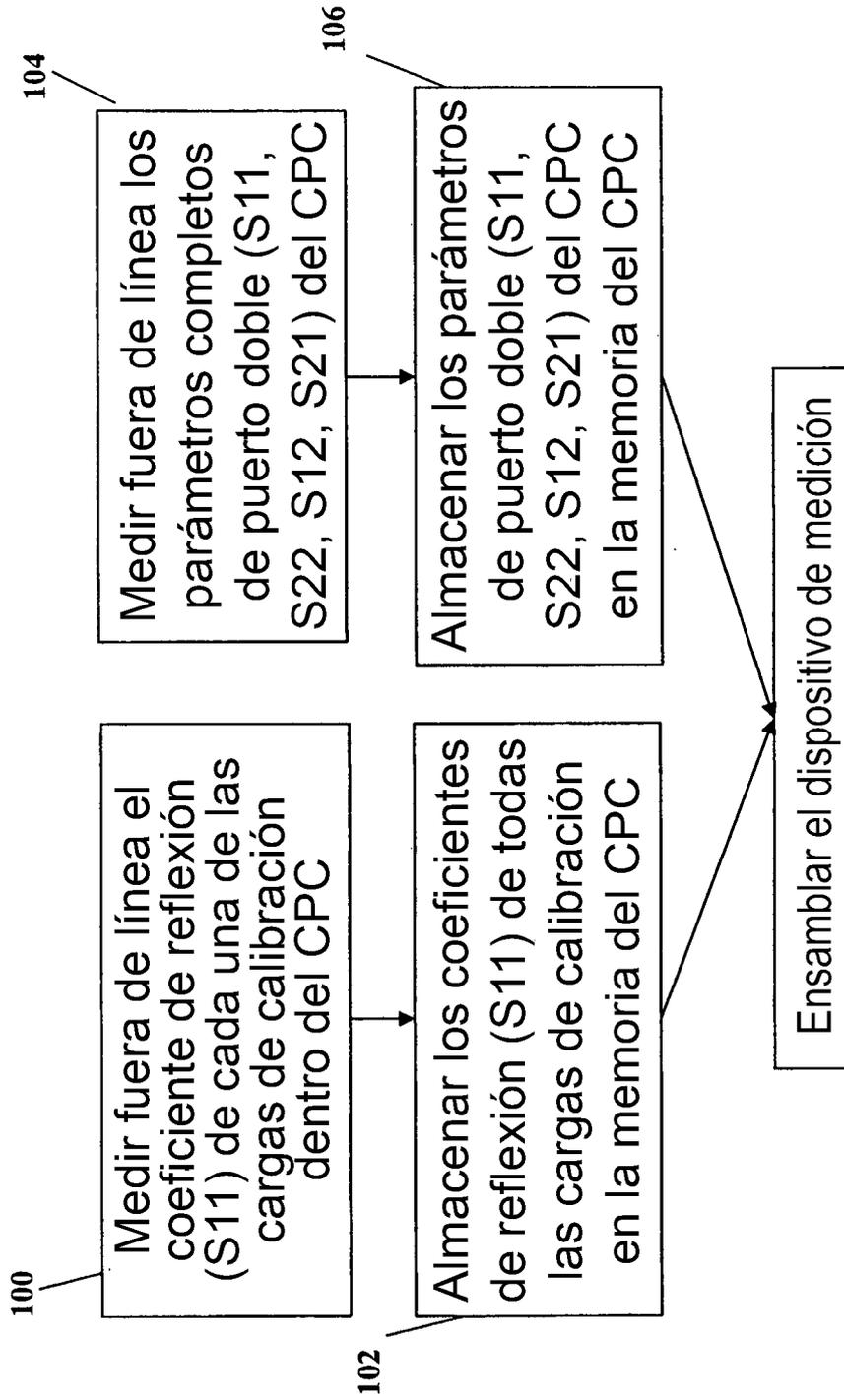
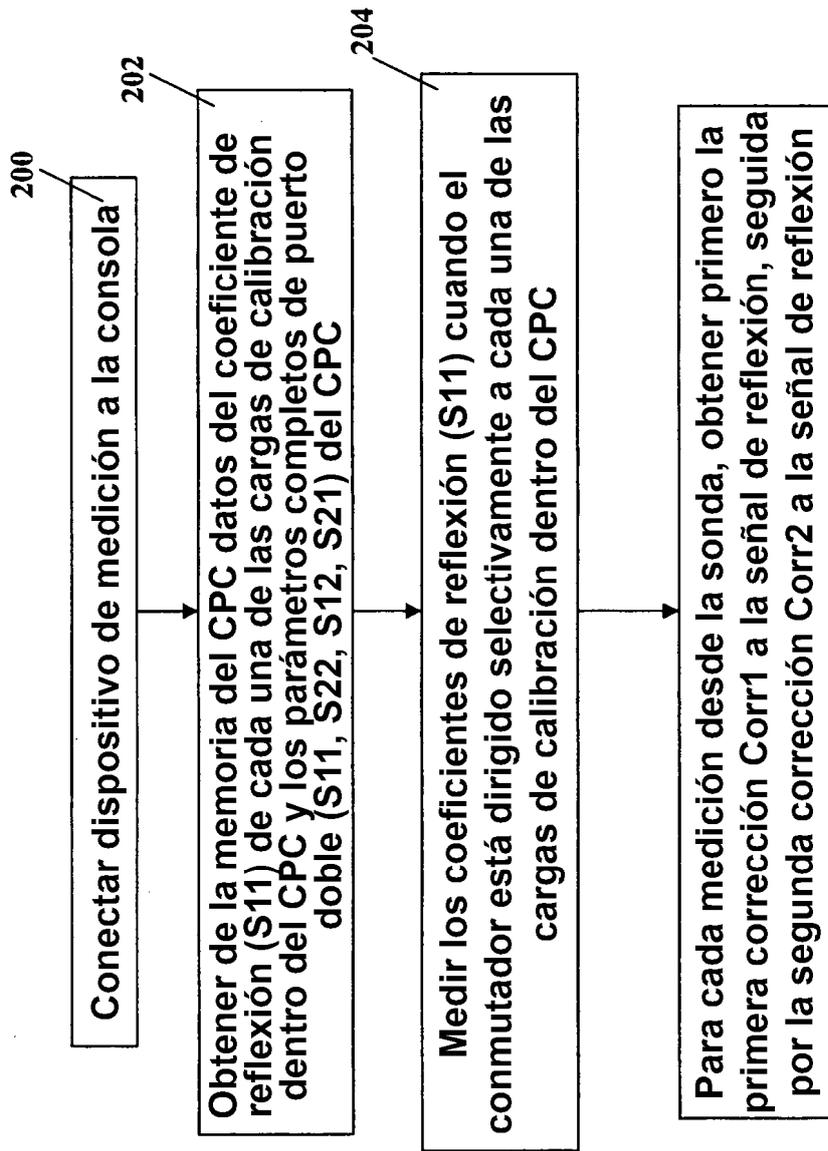


Fig. 4



Fase 1 de calibración, fuera de línea

Fig. 5A



Fase 2 de calibración, en línea

Fig. 5B