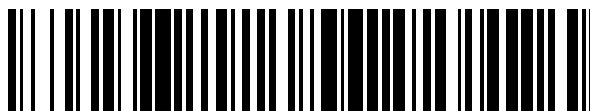


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 431 825**

51 Int. Cl.:

A61N 1/378

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.08.2010** **E 10745709 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.10.2013** **EP 2488254**

54 Título: **Un cargador externo mejorado para un dispositivo médico implantable, que utiliza bobinas de inducción de campo para mejorar el acoplamiento**

30 Prioridad:

15.10.2009 US 579740

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

28.11.2013

73 Titular/es:

**BOSTON SCIENTIFIC NEUROMODULATION
CORPORATION (100.0%)
25155 Rye Canyon Loop
Valencia, CA 91355, US**

72 Inventor/es:

AGHASSIAN, DANIEL

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 431 825 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

Un cargador externo mejorado para un dispositivo médico implantable, que utiliza bobinas de inducción de campo para mejorar el acoplamiento

Campo de la invención

- 5 La presente invención se refiere a técnicas para proporcionar una alineación mejorada entre un cargador externo y un dispositivo implantable.

Antecedentes

Los dispositivos de estimulación susceptibles de ser implantados, o implantables, generan y suministran estímulos eléctricos a nervios y tejidos del cuerpo para la terapia de diversas afecciones biológicas, tal como hacen los marcapasos para tratar la arritmia cardíaca, los desfibriladores para tratar la fibrilación cardíaca, los estimuladores cocleares para tratar la sordera, los estimuladores retinales para tratar la ceguera, los estimuladores musculares para producir un movimiento coordinado de los miembros, los estimuladores de la médula espinal para tratar el dolor crónico, los estimuladores corticales y del cerebro profundo para tratar afecciones motrices y fisiológicas, así como otros estimuladores neurológicos para tratar la incontinencia urinaria, la apnea del sueño, la subluxación de los hombros, etc. La presente invención puede encontrar aplicabilidad en todas dichas aplicaciones, si bien la descripción que sigue se concentrará, en general, en el uso de la invención dentro de un sistema de Estimulación de la Médula Espinal (SCS –“Spinal Cord Stimulation”), tal y como se ha divulgado en la Solicitud de Patente de los EE.UU. Nº 11/177.503, presentada el 8 de julio de 2005.

La estimulación de la médula espinal es un método clínico con buena aceptación para reducir el dolor en ciertas poblaciones de pacientes. Un sistema de SCS incluye, por lo común, un Generador de Impulsos Implantable (IPG – “Implantable Pulse Generator”), electrodos, al menos un conductor de electrodo, y, opcionalmente, al menos una prolongación de conductor de electrodo. Como se muestra en la Figura 1, los electrodos 106, que residen en un extremo distal, o más alejado, del conductor 102 de electrodo, son, por lo común, implantados a lo largo de la duramadre 70 de la médula espinal 19, y el IPG 100 genera impulsos eléctricos que son suministrados, a través de los electrodos 106, a las fibras nerviosas situadas dentro de la médula espinal 19. Los electrodos 106 están dispuestos en una configuración y con una separación deseadas al objeto de crear un conjunto geométricamente ordenado de electrodos 110. Unos hilos individuales 112 situados en el interior de uno o más conductores 102 de electrodo, conectan con cada electrodo individual 106 del conjunto geométricamente ordenado 110. El (los) conductor(es) 102 de electrodo sale(n) de la médula espinal 19 y puede(n) estar fijado(s) a una o más prolongaciones 120 de conductor de electrodo. Las prolongaciones 120 de conductor de electrodo están, a su vez, por lo común, guiadas por conducciones o túneles en torno al torso del paciente, hasta un embolsamiento subcutáneo en el que se encuentra implantado el IPG 100. Alternativamente, el conductor 102 de electrodo puede conectarse directamente con el IPG 100.

Como deberá resultar obvio, un IPG necesita energía eléctrica para funcionar. Dicha energía puede ser proporcionada de diversas formas diferentes, tales como mediante el uso de una batería recargable o no recargable, o a través de inducción electromagnética (EM –“electromagnetic induction”) proporcionada desde un cargador externo, o desde combinaciones de estas y otras soluciones, que se exponen con mayor detalle en la Patente de los EE.UU. Nº 6.553.263 (“la Patente ‘263”). Quizá la favorita de entre estas soluciones sea la de utilizar una batería recargable en el IPG, tal como una batería de iones de litio o una batería de polímero de iones de litio. Una tal batería recargable puede, generalmente, suministrar energía suficiente para hacer funcionar un IPG durante un periodo de tiempo suficiente (por ejemplo, un día o más) entre recargas. La recarga puede tener lugar mediante el uso de la inducción EM, en la que se envían campos EM, por parte de un cargador externo, al IPG. De esta forma, cuando la batería necesita recargarse, el paciente en el que está implantado el IPG puede activar el cargador externo con el fin de cargar de forma transcutánea (es decir, a través de la carne del paciente) la batería (por ejemplo, por la noche, cuando el paciente está durmiendo, o durante otros periodos de tiempo propicios).

Los aspectos básicos de tal sistema se muestran en la Figura 2. Tal como se muestra, el sistema comprende, en su parte relevante, el cargador externo 208 y el IPG 100. Una bobina primaria 130 existente en el cargador 208 produce un campo EM 290 capaz de una transmisión transcutánea a través de la carne 278 de un paciente. El cargador externo 208 puede ser alimentado en energía por cualesquiera medios conocidos, tal como mediante una batería o enchufándolo en una toma de pared, por ejemplo. El campo de EM 290 es recibido en el IPG 100 por otra bobina 270 y, de acuerdo con ello, se induce un voltaje o tensión eléctrica de CA [corriente alterna –“AC (alternating current)”] en esa bobina 270. Esta tensión de CA es rectificada, a su vez, hasta obtener una tensión de CC [corriente continua –“DC (direct current)”] en un rectificador 682, el cual puede comprender un circuito de puente convencional. (Puede existir, de manera adicional, telemetría de datos asociada con el campo EM 290, pero este detalle se pasa por alto por no ser pertinente para la presente divulgación.) La tensión de CC rectificada es, a su vez, enviada a un circuito controlador de carga y de protección 684, el cual funciona generalmente regulando la tensión de CC y produciendo ya sea una salida de tensión constante, ya sea una salida de corriente constante, según sea necesario para recargar la batería 180.

La Figura 3 muestra detalles adicionales del cargador externo 208, del que se ha retirado la parte superior del alojamiento. Detalles adicionales concernientes a los cargadores externos pueden encontrarse en la Solicitud de Patente de los EE.UU. N° 11/460.955, presentada el 28 de julio de 2006. Como se muestra en la Figura 3, una corriente eléctrica 114 que fluye en un sentido antihorario, o contrario al del giro de las agujas del reloj, en la bobina primaria 130 induce un campo magnético 290 que tiene una porción que sobresale según una dirección perpendicular al plano en el que se extiende la bobina primaria 130. La bobina primaria 130 está, por lo común, formada por muchas vueltas o espiras de alambre de Litz de cobre, si bien las vueltas individuales no se han mostrado en la Figura 3 en aras de la claridad. De esta forma, cuando una cara de la carcasa o caja del cargador externo 208 se orienta en estrecha proximidad con un dispositivo implantado, de tal manera que la bobina primaria 130 es paralela a una bobina correspondiente situada dentro del IPG 100, el campo magnético generado por la bobina primaria 130 induce una corriente eléctrica dentro de una bobina correspondiente con el fin de cargar una batería situada dentro del IPG 100 o proporcionar de otro modo potencia a este.

Este sistema es parecido a un transformador en el que la bobina primaria se encuentre en el cargador externo 208 y la bobina secundaria, en el IPG 100. La eficiencia de este acoplamiento es en gran medida dependiente de la alineación entre las dos bobinas, de manera que la eficiencia puede ser expresada como un factor de acoplamiento, k . Conseguir un buen factor de acoplamiento es esencial para optimizar la eficiencia del enlace inductivo. Un buen acoplamiento no solo aumenta, en efecto, la potencia transferida al implante, sino que también minimiza el calentamiento en el implante y reduce, además, los requisitos de potencia del cargador externo, lo que reduce el calentamiento del cargador y hace posible un factor de forma más pequeño. Un acoplamiento adecuado también es esencial si ha de existir alguna telemetría de datos entre el cargador externo 208 y el implante.

El funcionamiento del cargador externo 208 en la técnica anterior implica, por lo común, el uso de un retorno de información de audio al usuario. De esta forma, cuando comienza la carga, el cargador externo 208 produce el campo inducido 290 y comienza a buscar el IPG 100, tal y como se explicará con mayor detalle en esta memoria. Un transductor de audio existente en el cargador externo 208 proporcionará un sonido audible intermitente (por ejemplo, un pitido) cuando el acoplamiento entre el cargador 208 y el IPG 100 ha sido defectuoso, pitido que avisará al usuario para que mueva el cargador externo con respecto al IPG. Una vez que la colocación y el acoplamiento han sido mejorados, el cargador 208 dejará de pitar y la posición del cargador 208 se mantendrá en ese mismo lugar sobre el IPG 100 mediante el uso de almohadillas adhesivas por ambas caras o de una cinta. Si el cargador 208 llegara a colocarse de nuevo en una posición incorrecta con respecto al IPG 100, el transductor de audio comenzaría de nuevo a pitar, de tal modo que la posición del cargador 208 con respecto al IPG 100 podría reajustarse de nuevo. Un enlace de telemetría de retorno desde el IPG 100 comunicará al cargador 208 cuándo la batería del IPG se ha cargado por completo, estado que puede, de nuevo, ser señalado de forma audible al paciente.

Como se ha hecho notar anteriormente, es esencial una alineación adecuada entre un cargador externo y un implante para un funcionamiento del sistema, transferencia de energía y seguridad para el paciente adecuados. Sin embargo, esto ha sido hasta el presente difícil de conseguir. En particular, se ha constatado por los inventores que resulta difícil para los cargadores externos de la técnica anterior diferenciar entre un dispositivo profundamente implantado que está bien alineado con respecto al cargador, y un dispositivo implantado de forma superficial y que está defectuosamente alineado con respecto al cargador. Ambos escenarios parecen el mismo para el cargador externo 208. Como resultado de ello, el paciente solo sabrá que el acoplamiento es defectuoso, pero no sabrá cómo remediar esta situación, aparte de recolocar el cargador mediante un proceso de ensayo y error.

Dados estos inconvenientes, la tecnología de los dispositivos susceptibles de ser implantados, o implantables, se beneficiaría de técnicas para conseguir un acoplamiento mejorado entre un cargador externo y un dispositivo implantable, que proporcionen: la capacidad de indicar con precisión la posición relativa del cargador con respecto al implante; una eficiencia de carga incrementada; velocidades de carga más rápidas; una seguridad y un confort incrementados para el paciente; necesidades de potencia más bajas; así como un factor de forma más pequeño. Esta divulgación presenta una solución para este problema que implica el uso de bobinas de determinación de la posición que inducen de forma activa sus propios campos magnéticos.

La invención se establece en las reivindicaciones que se acompañan.

Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 muestra un generador de impulsos susceptible de ser implantado, o implantable (IPG –“Implantable Pulse Generator”), un cargador externo, y la manera como un conjunto geométricamente ordenado de electrodos se acopla al IPG, de acuerdo con la técnica anterior.

La Figura 2 ilustra un sistema de la técnica anterior que comprende un cargador externo para cargar un generador de impulsos implantable, que incluye los aspectos del controlador de carga y la protección de la batería del IPG.

La Figura 3 muestra una vista en perspectiva de un cargador externo de la técnica anterior para un dispositivo médico implantable.

Las Figuras 4A-4C ilustran configuraciones típicas en las que la bobina primaria de un dispositivo de carga externo

de la técnica anterior está situada en, o cerca de, la superficie exterior de la piel del paciente, y la bobina secundaria de un dispositivo médico implantable está situada cerca de, o lejos de, la superficie interior de la piel del paciente.

La Figura 5A muestra una vista en perspectiva de una posible realización de un cargador externo mejorado para un dispositivo médico implantable, en el cual las bobinas de determinación de la posición no se solapan con el perfil o contorno del dispositivo médico implantado.

Las Figuras 5B-5D muestran los efectos en la tensión de la bobina de carga y en la tensión de las bobinas de determinación de la posición debidos a diversos escenarios de alineación de cargador / implante.

La Figura 6A muestra una vista en perspectiva de una posible realización de un cargador externo mejorado para un dispositivo médico implantable, en el cual las bobinas de determinación de la posición se solapan con el contorno del dispositivo médico implantado.

Las Figuras 6B-6D muestran los efectos en la tensión de la bobina de carga y en la tensión de las bobinas de determinación de la posición debidos a diversos escenarios de alineación de cargador / implante.

La Figura 7A muestra una configuración típica en la que la bobina primaria de un dispositivo de carga externo mejorado está situada en, o cerca de, la superficie exterior de la piel del paciente, y la bobina secundaria de un dispositivo médico susceptible de ser implantado está situada cerca de la superficie interior de la piel del paciente.

La Figura 7B muestra dos bobinas de determinación de la posición cuyas salidas son enviadas a unos circuitos de indicación de la posición.

La Figura 8A es un diagrama de flujo que detalla una realización de una técnica para asegurar la alineación apropiada de un cargador externo con respecto a un IPG, según la cual la bobina de carga y las bobinas de determinación de la posición son excitadas a frecuencias diferentes.

La Figura 8B es un diagrama de flujo que detalla una realización de una técnica para asegurar la alineación apropiada de un cargador externo con respecto a un IPG, en la que la bobina de carga y las bobinas de determinación de la posición son excitadas a la misma frecuencia.

Las Figuras 9A-9B ilustran configuraciones típicas en las que la bobina primaria de un dispositivo de carga externo mejorado está situada en, o cerca de, la superficie exterior de la piel del paciente y la bobina secundaria de un dispositivo médico implantable está situada cerca de, o lejos de, la superficie interna de la piel del paciente.

La Figura 10 muestra un sistema que comprende un cargador externo mejorado para cargar un generador de impulsos implantable, incluyendo los circuitos de detección de la alineación y de indicación de la posición del cargador externo.

La Figura 11 muestra una realización de un cargador externo mejorado para cargar un generador de impulsos implantable.

Descripción detallada

La descripción que sigue se refiere al uso de la invención dentro de un sistema de estimulación de la médula espinal (SCS –“spinal cord stimulation”). Sin embargo, ha de comprenderse que la invención no está limitada a este. En lugar de ello, la invención puede ser utilizada con cualquier tipo de dispositivo médico susceptible de ser implantado, o implantable, que pueda beneficiarse de una alineación mejorada entre un cargador externo y el dispositivo implantable. Por ejemplo, la presente invención puede ser utilizada como parte de un sistema que emplea un cargador externo configurado para cargar un marcapasos, una bomba implantable, un desfibrilador, un estimulador coclear, un estimulador retinal, un estimulador configurado para producir un movimiento coordinado de los miembros, un estimulador cortical o del cerebro profundo, o en cualquier otro estimulador configurado para tratar la incontinencia urinaria, la apnea del sueño, la subluxación de los hombros, etc. Es más, la técnica puede ser utilizada asimismo en dispositivos o sistemas no médicos y/o no implantables, es decir, en cualquier dispositivo o sistema en el que sea necesario o deseable un acoplamiento apropiado entre un dispositivo primario y un segundo dispositivo.

Como se ha hecho notar anteriormente, conseguir un acoplamiento apropiado entre un cargador externo y un implante puede ser difícil, ya que resulta difícil para el cargador externo diferenciar entre un implante profundo que está bien alineado con el cargador externo, y un implante poco profundo que no está bien alineado con el cargador externo. Ambos escenarios parecen el mismo para el cargador externo. La presente invención proporciona un cargador externo mejorado que tiene medios mejorados para determinar la posición del dispositivo implantado con respecto al cargador, mediante la inducción de forma activa de uno o más campos magnéticos y la medición del campo magnético reflejado en el dispositivo implantado.

En una realización, el cargador externo 208 contiene bobinas de determinación de la posición (PDCs –“position determination coils”) destinadas a ayudar a discriminar entre implantes profundos e implantes que no están bien alineados, o desalineados. Mediante el uso de estas PDCs de inducción de campo magnético, es posible determinar la posición de un dispositivo implantable midiendo la magnitud del campo magnético reflejado procedente del

implante en cada PDC. En una realización, se han dispuesto una pluralidad de PDCs dentro de la bobina de carga, en un plano o planos paralelos a la bobina de carga. Comparando las intensidades de campo magnético reflejado relativas en cada una de las PDCs, es posible determinar la posición del implante. Puede comunicarse entonces al paciente un retorno de información de audio y/o visual con el fin de permitir al paciente mejorar la alineación del cargador.

La Figura 4A muestra una bobina primaria 130 configurada para cargar de forma transcutánea el IPG 100 a través de un acoplamiento inductivo de acuerdo con la técnica anterior. Como se ha mencionado anteriormente, el cargador 208 comprende una bobina primaria 130, a través de la cual se hace pasar una corriente CA [corriente alterna –“AC (alternating current)”] 114 por medio de una fuente de suministro de corriente CA 170. Esta corriente 114 produce un campo magnético inducido 290, el cual se ha ilustrado como una pluralidad de líneas de flujo 160. Las líneas de flujo 160 son esencialmente perpendiculares a la superficie de la piel 278 en los lugares donde pasan a través de su superficie. Además, las líneas de flujo magnético 160 cercanas al centro de la bobina primaria 130 son sustancialmente paralelas al eje central 275 de la bobina. Una bobina correspondiente 270 situada dentro del IPG 100 transforma esta energía magnética en una corriente eléctrica, la cual es rectificada y utilizada por los circuitos situados dentro del IPG 100 para, por ejemplo, cargar una batería 180. La distancia entre el cargador 208 y el IPG 100 es, por lo común, del orden de entre aproximadamente 1 y 5 centímetros.

Las bobinas primaria y secundaria, 130 y 270, tienen sustancialmente la forma de un lazo o bucle circular y están constituidas, por lo común, por diversas vueltas o espiras de alambre, como apreciará un experto de la técnica. Se constatará, sin embargo, que la forma sustancialmente circular de las bobinas 130 y 270 es meramente ilustrativa. Las vueltas de la bobina primaria 130 definen una abertura o cavidad central que tiene un eje central 275. Se constatará que la superficie de la piel 278 no siempre es plana. Por lo tanto, el eje central 275 de la bobina primaria 130 es, en ocasiones, tan solo aproximada o sustancialmente perpendicular a la superficie de la piel 278.

El campo magnético inducido 290 produce unas corrientes parásitas en la carcasa o caja típicamente metálica 101 del IPG o en otras estructuras conductoras del interior del IPG 100. Tales corrientes parásitas tienen el efecto de producir un campo magnético reflejado 295, el cual opera cambiando la inductancia mutua de la bobina primaria 130, con lo que se “desintoniza” efectivamente la bobina. Tal desintonización cambia la Vbobina, la tensión que se utiliza para producir la corriente en la bobina primaria 130. De acuerdo con ello, del seguimiento de la Vbobina puede inferirse el acoplamiento relativo entre el cargador externo 208 y el IPG 100. La Vbobina disminuye a medida que aumenta el acoplamiento, lo que generalmente se produce cuando el cargador externo 208 y el IPG 100 están más cerca uno del otro.

Sin embargo, estos medios para supervisar el acoplamiento entre el cargador externo 208 y el IPG 100 no son capaces de discernir entre distancia y desalineación, estados que se han ilustrado en las Figuras 4B y 4C. La Figura 4B muestra un IPG 100 implantado de forma relativamente profunda en el interior de un paciente, pero, con todo, bien alineado desde una perspectiva axial, es decir, de manera que los ejes 275 y 276 de bobina (véase la Figura 4A) no están descentrados uno con respecto a otro. La Figura 4C, en contraste, muestra un IPG 100 implantado de una forma relativamente poco profunda en el interior de un paciente, pero con una alineación defectuosa, esto es, de manera que los ejes 275 y 276 de bobina (véase la Figura 4A) están descentrados en un grado elevado. En cualquiera de estos casos, el acoplamiento entre el cargador externo y el IPG 100 será relativamente deficiente, con el resultado de que Vbobina no se verá afectada en gran medida por el IPG 100. Sin embargo, debido a que Vbobina puede ser la misma en magnitud para los dos estados, Vbobina no puede ser utilizada para discernir entre profundidad (Figura 4B) y desalineación (Figura 4C). Como resultado de ello, Vbobina no puede ser utilizada por el cargador externo 208 –y, en última instancia, por el paciente– para determinar la razón del pobre acoplamiento o el modo como se ha de solucionar el deficiente acoplamiento mediante la recolocación apropiada del cargador externo 208.

La Figura 5A muestra una realización de un cargador externo mejorado 210 que tiene la capacidad de determinar la posición relativa de un dispositivo implantado y, de esta forma, maximizar el acoplamiento mediante una indicación al usuario de cómo mejorar la alineación de cargador / dispositivo. En esta realización, las cuatro PDCs 230 están dispuestas en dos pares, 230x1 / 230x2 y 230y1 / 230y2, cada uno de ellos de dos bobinas de inducción de campo magnético activas. Cada PDC está configurada para inducir su propio campo magnético, etiquetado o designado como: 290x1, 290x2, 290y1 y 290y2. El campo magnético inducido de la gran bobina de carga se ha designado por la referencia 290. Cada uno de los pares de PDCs 230x y 230y están situados dentro de la bobina primaria 130 y de un modo tal, que la pluralidad de PDCs están arrolladas alrededor de ejes que son paralelos al eje central 275 (Figura 7A).

Las PDCs 230 se han diseñado para inducir campos magnéticos que son sustancialmente coaxiales con sus ejes centrales cuando se sitúan cerca de la superficie de la piel 278. Mediante la detección de la magnitud de “desintonización”, es decir, la disminución de la tensión, a través de cada una de las PDCs, debida al campo magnético reflejado 295 provocado por la presencia de un IPG 100 bajo la superficie de la piel, es posible inferir la posición del IPG 100. Cada par de PDCs 230x y 230y pueden abarcar o circunscribir el eje central 275 (Figura 7A) de la bobina primaria 130, de tal manera que las bobinas de cada par son equidistantes con respecto al eje central 275 y opuestas entre sí. Como se muestra, los pares 230x y 230y están situados ortogonalmente uno con respecto al otro.

El elemento 101 representa el perfil o contorno de un IPG que ha de ser implantado en el interior del cuerpo del paciente. En la Figura 5A, las PDCs 230 son de un tamaño lo suficientemente pequeño como para que, cuando un IPG 100 está centrado perfectamente dentro de ellas, las PDCs 230 tan solo pueden ser mínimamente desintonizadas por la presencia del IPG 100. Por ejemplo, cuando la propia bobina de carga 130 ha sido “desintonizada” por la presencia del IPG 100, esta será capaz de indicar a los circuitos 279 de indicación de posición del cargador externo 210 (Figura 7B) que había un implante en algún lugar bajo la superficie de la piel, en las inmediaciones del cargador externo 210. En ese momento, el cargador externo 210 puede activar las PDCs 230 para realizar una “sintonización fina” de la alineación del cargador externo 210 con el IPG 100. Si la tensión de cada una de las PDCs 230 es, por ejemplo, 10 V, el cargador externo 210 indicará que estaba apropiadamente alineado con el IPG 100 cuando cada una de las PDCs 230 estaban simultáneamente “desintonizadas” mínimamente en, sustancialmente, la misma cantidad, por ejemplo, 2V. Si el cargador externo 210 se desalinease del IPG 100 en cualquier dirección, las PDCs 230 que estuvieran desproporcionadamente más cerca del IPG 100 registrarían, debido al efecto de “desintonización”, tensiones más bajas que las de las PDCs 230 que estuvieran más alejadas del IPG 100. Mediante la comparación de las tensiones a través de cada una de las PDCs 230, los circuitos 279 de indicación de la posición (Figura 7B) pueden indicar al usuario la dirección en que debe moverse el cargador externo 210 para mejorar la alineación.

Las Figuras 5B-5D muestran de forma gráfica los efectos de “desintonización” en las diversas bobinas del cargador externo 210 cuando se coloca un IPG 100 enfrente del cargador externo 210 de la Figura 5A. En la Figura 5B, no hay ningún IPG 100 en las proximidades de la bobina primaria 130 del cargador externo 210. De esta forma, no hay desintonización de la bobina primaria 130 y tan solo una desintonización mínima en las PDCs 230. Así, pues, Vbobina será registrada como la tensión, cualquiera que esta sea, a la que está siendo excitada la bobina primaria, esto es, de carga, 130. En el gráfico 400a, esta se muestra con el valor de 140 voltios. De la misma manera, las PDCs –VbobinaX1, VbobinaX2, VbobinaY1 y VbobinaY2– se registrarán casi a la tensión a la que están siendo excitadas. En el gráfico 400a, esta se muestra con el valor de 10 voltios. Estas condiciones serán interpretadas por los circuitos 279 de indicación de la posición (Figura 7B) con el significado de que no estaba presente ningún IPG 100.

Las líneas discontinuas 290 en torno a cada PDC 230 representan a grandes rasgos el alcance del campo magnético inducido de la respectiva PDC 230. Para una PDC 230 con un radio de valor r , dentro de una distancia de $2r$ del centro de la PDC 230, el campo magnético 290 de la PDC es especialmente intenso, es decir, puede ser fácilmente detectado por los circuitos de medición o verse afectado por la presencia de otros campos magnéticos. En consecuencia, si un IPG 100 está presente en cualquier lugar dentro de una distancia de $2r$ del centro de la PDC 230, el campo magnético inducido por la PDC 230 puede verse apreciablemente desintonizado, lo que indica la presencia de un dispositivo implantado a los circuitos 279 de indicación de posición. De forma similar, si dos PDCs 230 están más cerca una de otra que la distancia de $2r$, el campo magnético inducido de cada una de ellas puede verse afectado por el de la otra, es decir, puede haber una “diafonía” entre las PDCs 230.

En la Figura 5C, el IPG 100 se encuentra perfectamente alineado dentro de la bobina primaria 130 del cargador externo 230, que se muestra por el contorno 101 del IPG. Así, pues, Vbobina se registra como más baja que la tensión a la que la bobina primaria, esto es, de carga, 120 está siendo excitada, como consecuencia del efecto del IPG 100. En el gráfico 400b, la bobina de carga se ha mostrado de modo que está desintonizada desde un valor de 140 voltios hasta un valor de 100 voltios, lo que indica la presencia de un IPG 100 implantado en las proximidades del cargador externo 210. Sin embargo, las PDCs –VbobinaX1, VbobinaX2, VbobinaY1 y VbobinaY2– registrarán una tensión ligeramente más baja que la que tenían en la Figura 5B. En el gráfico 400b, esta se muestra con un valor de 8 voltios. Esto se produce debido a que el IPG 100 se extiende completamente en el interior de las PDCs 230 y, de esta forma, los campos magnéticos inducidos por las PDCs 230 son reflejados hacia atrás por el IPG 100, pero no de forma tan significativa como lo serían si hubiera un mayor solapamiento entre las PDCs 230 y el IPG 100. Estas condiciones serán interpretadas por los circuitos 279 de indicación de la posición (Figura 7B) con el significado de que se encuentra presente un IPG 100 que, además, está bien alineado con respecto a la bobina primaria 130. En la Figura 5C, no existirá casi “diafonía” de una a otra de las PDCs 230 como consecuencia de los radios relativamente pequeños de las PDCs, tal y como se observa por la falta de solapamiento de las líneas discontinuas 290 de campo magnético.

En la Figura 5D, el IPG 100 se encuentra en las proximidades de la bobina primaria 130 el cargador externo 210, pero está desalineado, como se muestra por el contorno 101 del IPG. De esta forma, la Vbobina se registrará como más pequeña que la tensión con la que está siendo excitada la bobina primaria, esto es, de carga 130, debido al efecto de desintonización del IPG 100. En el gráfico 400c, la bobina de carga se ha mostrado como desintonizada desde un valor de 140 voltios hasta un valor de 100 voltios, lo que indica la presencia de un IPG 100 implantado en las proximidades del cargador externo 210. Dos de las PDCs –la VbobinaX2 y la VbobinaY2– pueden registrar un valor ligeramente menor que 10 V. En el gráfico 400c, este se muestra con un valor de 9 voltios. Sin embargo, dos de las PDCs –la VbobinaX1 y la VbobinaY1– han sido desintonizadas hasta un valor de 6 voltios. Esto se produce porque el IPG 100 está más cerca de las PDCs 230x1 y 230y1 de lo que lo está de las otras PDCs. De esta forma, los campos magnéticos inducidos por las PDCs 230x1 y 230y1 son reflejados hacia atrás por el IPG 100 y desintonizan estas bobinas en cierta medida. Estas condiciones serán interpretadas por los circuitos 279 de indicación de la posición (Figura 7B) con el significado de que estaba presente un IPG 100, pero desalineado con respecto a la bobina primaria 130, específicamente, que el IPG 100 estaba más cerca de las bobinas 230x1 y 230y1.

El cargador externo 210 podría entonces indicar al usuario que mueva el cargador externo 210 hacia abajo y a la izquierda para mejorar la alineación de carga. En la Figura 6A, las PDCs se han representado de manera que son lo suficientemente grandes como para que se solapen con el perfil o contorno 101 de un IPG perfectamente centrado dentro de ellas, en el interior del cuerpo. Esto producirá, de la misma manera, el efecto de que las PDCs se verán “desintonizadas” en cantidades idénticas por la presencia de un IPG 100 perfectamente alineado. Por ejemplo, cuando la propia bobina de carga 130 se viera “desintonizada” por la presencia del IPG 100, sería capaz de indicar a los circuitos 279 de indicación de posición del cargador externo 210 (Figura 7B) que había un implante en algún lugar bajo la superficie de la piel, en las proximidades del cargador externo 210. En ese momento, el cargador externo 210 podrá activar las PDCs 230 con el fin de realizar una “sintonización fina” de la alineación del cargador externo 210 con el IPG 100. Si cada una de las PDCs 230 estuviera siendo excitada a 10 V, por ejemplo, el cargador externo 210 indicaría que está apropiadamente centrado sobre el IPG 100 cuando cada una de las PDCs 230 fuera “desintonizada” simultáneamente en igual cantidad, por ejemplo, cada una de las PDCs 230 puede registrar una tensión de 7 V. En el caso de que el cargador externo 210 se desalinease con respecto al IPG 100 en cualquier dirección, las PDCs 230 que estuvieran desproporcionadamente más cerca del IPG 100 registrarían, debido al efecto de “desintonización”, tensiones desproporcionadamente más bajas que las PDCs 230 que se encontrasen más alejadas del IPG 100. Mediante la comparación de las tensiones a través de cada una de las PDCs 230, los circuitos 279 de indicación de la posición (Figura 7B) pueden indicar al usuario la dirección en la que ha de moverse el cargador externo 210 para mejorar la alineación.

Las Figuras 6B-6D muestran en forma de gráfico los efectos de la “desintonización” en las diversas bobinas del cargador externo 210 cuando se coloca un IPG 100 enfrente del cargador externo 210 de la Figura 6A. En la Figura 6B, no hay ningún IPG 100 en las proximidades de la bobina primaria 130 del cargador externo 210. Así, pues, no hay desintonización ni de la bobina primaria 130 ni de las PDCs 230. Así, pues, la Vbobina será registrada como la tensión, cualquiera que esta sea, a la que está siendo excitada la bobina primaria, es decir, de carga 130. En el gráfico 410a, esta se muestra con un valor de 140 voltios. De la misma manera, las PDCs –VbobinaX1, VbobinaX2, VbobinaY1 y VbobinaY2– se registrarán aproximadamente a la tensión a la que están siendo excitadas, siendo posible alguna desviación debido a la potencial diafonía entre las PDCs. En el gráfico 410a, esta se muestra con un valor de 10 voltios. Estas condiciones serán interpretadas por los circuitos 279 de indicación de la posición (Figura 7B) con el significado de que no estaba presente ningún IPG 100.

En la Figura 6C, en contraste, el IPG 100 está perfectamente alineado con la bobina primaria 130 del cargador externo 210, que se muestra por el perfil o contorno 101 del IPG. Así, pues, la Vbobina se registrará con valor inferior a la tensión a la que está siendo excitada la bobina primaria, es decir, de carga 130, debido al efecto de desintonización del IPG 100. En el gráfico 410b, la bobina de carga se ha mostrado desintonizada desde un valor de 140 voltios hasta un valor de 100 voltios, lo que indica la presencia de un IPG 100 implantado en las proximidades del cargador externo 210. Las PDCs –VbobinaX1, VbobinaX2, VbobinaY1 y VbobinaY2– mostradas en el gráfico 410b están, cada una de ellas, registrando una tensión menor que con la que están siendo excitadas. En el gráfico 410b, esta se muestra con un valor de 7 voltios. Esto se produce porque el IPG 100 está bien alineado con la bobina primaria 130 y, por tanto, cada uno de los campos magnéticos inducidos por las PDCs 230 son reflejados hacia atrás en iguales cantidades por el IPG 100, lo que provoca una magnitud sustancialmente igual de desintonización en cada PDC 230. Estas condiciones serán interpretadas en los circuitos 279 de indicación de la posición (Figura 7B) con el significado de que un IPG 100 estaba no solo presente sino también bien alineado con respecto a la bobina primaria 130. Debido a la naturaleza potencialmente asimétrica del IPG 100, las PDCs 230 pueden no verse, cada una de ellas, desintonizadas hasta exactamente la misma tensión cuando el IPG 100 está perfectamente alineado. Sin embargo, los circuitos 279 de indicación de la posición pueden almacenar algunos valores de umbral para los que determinarán, puesto que cada una de las PDCs ha sido desintonizada en una cantidad suficientemente igual, que el IPG 100 está bien alineado con la bobina primaria 130.

En la Figura 6D, el IPG 100 se encuentra en las proximidades de la bobina primaria 130 del cargador 210, pero está desalineado, tal como se muestra por el contorno 101 del IPG. Así, pues, la Vbobina se registrará como más baja que la tensión a la que está siendo excitada la bobina primaria, es decir, de carga 130, debido al efecto del IPG 100. En el gráfico 410c, la bobina de carga se ha mostrado desintonizada desde un valor de 140 voltios hasta un valor de 100 voltios, lo que indica la presencia de un IPG 100 implantado en las proximidades del cargador externo 210. Dos de las PDCs –la VbobinaX2 y la Vbobina Y2– están aún registrando una tensión tan solo mínimamente desintonizada de la tensión a la que están siendo excitadas. En el gráfico 410c, esta se muestra con un valor de 8 voltios. Sin embargo, dos de las PDCs –la VbobinaX1 y la VbobinaY1– han sido desintonizadas hasta un valor de 5 voltios. Esto se produce porque el IPG 100 está más cerca de las PDCs 230x1 y 230y1 de lo que lo está de las otras PDCs. De esta forma, los campos magnéticos inducidos por las PDCs 230x1 y 230y1 son reflejados hacia atrás por el IPG 100 y desintonizan estas bobinas en cierta medida. Estas condiciones serán interpretadas por los circuitos 279 de indicación de la posición (Figura 7B) con el significado de que estaba presente un IPG 100, pero desalineado con respecto a la bobina primaria 130, específicamente que el IPG 100 estaba más cerca de las bobinas 230x1 y 230y1. El cargador externo podrá entonces indicar al usuario que mueva el cargador externo 210 hacia abajo y hacia la izquierda con el fin de mejorar la alineación de carga.

En las Figuras 6C y 6D puede haber alguna “diafonía” desde una de las PDCs 230 a la otra debido a los radios relativamente más grandes de la PDC en comparación con la realización que se ha mostrado en las Figuras 5A-5D, tal y como se observa por el solapamiento de las líneas discontinuas de campo magnético 290. Una posible solución

para este potencial problema sería ajustar las tensiones esperadas desde cada una de las PDCs 230 cuando no esté presente ningún IPG 100. Por ejemplo, puede encontrarse mediante experimentación que la diafonía con un IPG 100 perfectamente centrado puede dar como resultado una tensión de PDC de línea de referencia de 9 V, en lugar de de 10 V, tal como se muestra en la Figura 6B. Otra solución a este problema puede consistir en habilitar una PDC 230 de cada vez, cerrar un ciclo rápidamente a través de cada PDC, y detectar la tensión a través de cada PDC conforme es habilitada (véase la Figura 8A).

Aunque puede ser más difícil determinar cuándo un cargador externo 210 se encuentra perfectamente alineado utilizando la realización de la Figura 6A, de lo que lo es con la realización de la Figura 5A, debido, por ejemplo, a la naturaleza asimétrica del IPG 100, puede ser necesario aumentar el diámetro de las PDCs, tal como se muestra en la Figura 6A, en comparación con la Figura 5A, para conseguir una relación entre señal y ruido satisfactoria cuando los circuitos 281 de detección de la alineación están tratando de medir la cantidad de "desintonización" en las PDCs 230. Un aumento del diámetro de las PDCs 230 también permite al cargador externo 210 detectar un IPG 100 desalineado a una distancia adicional del cargador, por ejemplo, implantado dentro del cuerpo a una mayor profundidad. Sin embargo, el incremento del diámetro de las PDCs puede también aumentar la cantidad de "diafonía" entre cada una de las bobinas PDC individuales 230.

La Figura 7A muestra un cargador externo mejorado 210 que tiene una bobina primaria 130 configurada para cargar de forma transcutánea el IPG 100 mediante acoplamiento inductivo, y que tiene PDCs 230 dispuestas de acuerdo con la realización mostrada en la Figura 6A. El cargador externo mejorado 210 comprende una bobina primaria 130, a través de la cual se hace pasar una corriente CA 114, por medio de una fuente 170 de suministro de corriente CA a una cierta frecuencia, f_{bobina} . Esta corriente 114 produce un campo magnético inducido 290 (Figuras 4A-4C). El cargador externo mejorado 210 comprende, adicionalmente, una pluralidad de PDCs 230, a través de las cuales se hace pasar una corriente CA 115, por medio de una pluralidad de fuentes 171a-d de suministro de corriente CA, a una frecuencia f_{PDC} . En la Figura 7A tan solo se ha mostrado una única fuente de suministro de corriente CA por simplicidad. Es posible, y puede ser preferible, excitar cada PDC 230 utilizando una fuente 171 de suministro de corriente CA independiente. Sin embargo, la presente divulgación también contempla un sistema en el que cada una de las PDCs 230 puede ser excitada por una única fuente 171 de suministro de corriente CA cuya señal es distribuida o repartida a cada una de las PDCs 230. La corriente 115 procedente de las fuentes 171a-d de suministro de corriente produce campos magnéticos inducidos 290x1, 290x2, 290y1 y 290y2 (Figuras 5A y 6A), los cuales se han ilustrado como una pluralidad de líneas de flujo 160. Mediante la comparación de medidas eléctricas, tales como la cantidad de "desintonización" en las PDCs 230 debido al campo magnético reflejado 295 que pasa a través de ellas, puede determinarse la posición del implante tanto en la dirección x como en la dirección y por los circuitos 279 de indicación de posición del cargador externo 210 (Figura 7B). La información de retorno de audio y/o visual de la posición del implante puede ser entonces comunicada al paciente con el fin de mejorar la alineación del cargador.

La Figura 7B muestra una posible disposición del par de PDCs 230x para el cargador externo mejorado 210 que se ha representado en las Figuras 5A y 5B. En esta realización, únicamente las PDCs 230x1 y 230x2, que se han utilizado para determinar la desalineación del IPG 100 con el cargador externo 210 en la dirección x (y no las PDCs 230y y 230y2), se han mostrado, en aras de la simplicidad. Un cargador externo completo 210 que utiliza esta realización tendrá también un par correspondiente de PDCs 230y1 y 230y2 para medir la desalineación en la dirección y. En la realización de la Figura 7B, cada una de las PDCs 230x1 y 230x2 son excitadas por su propia fuente 171 de suministro de corriente. Por otra parte, cada PDC de un par de PDCs tiene uno de sus terminales conectado a tierra y el otro terminal conectado a un circuito divisor de tensión simple 274 que sirve para reducir por división la tensión medida a través de la bobina antes de enviar el valor de tensión medido a los circuitos 279 de indicación de la posición. Como una alternativa para medir tensiones, los circuitos 279 de indicación de la posición pueden detectar de forma independiente la intensidad de la corriente 115 que pasa a través de cada PDC 230, a fin de determinar la cantidad de desintonización en cada PDC 230.

En la realización de la Figura 7B, las tensiones (o corrientes) a través de cada PDC, dentro de cada par de PDCs, son comparadas unas con otras en el interior de los circuitos 279 de indicación de la posición con el fin de determinar la desalineación del cargador externo 210 con respecto a una dirección particular. En otras palabras, los circuitos 281 de detección de la alineación deducen un primer indicador y un segundo indicador, de tal manera que los primer y segundo indicadores indican la desalineación con respecto a las primera y segunda direcciones. Los circuitos 279 de indicación de la posición pueden entonces determinar la posición del dispositivo médico implantable 100 y aportar una instrucción apropiada al usuario con respecto al modo como mejorar la alineación del cargador externo 210 con el dispositivo médico implantable 100.

Por ejemplo, si el IPG 100 está más cerca, en la dirección x, de la PDC 230x1 de lo que lo está de la PDC 230x2, la tensión detectada en la PDC 230x1 será más baja, póngase por caso, de 8 V, que la tensión detectada en la PDC 230x2, póngase por caso, de 10 V. En este caso, habrá una diferencia de dos voltios positivos ($V_{\text{bobinaX2}} - V_{\text{bobinaX1}}$). Si, en lugar de ello, el IPG 100 está más cerca, según la dirección x, de la PDC 230x2, la tensión en la PDC 230x1 será más alta, póngase por caso, de 10 V, que la tensión detectada en la PDC 230x2, póngase por caso, de 8 V. En este caso, existirá una diferencia de dos voltios negativos. La magnitud de la diferencia entre la V_{bobinaX1} y la V_{bobinaX2} también indica una proximidad relativa de la bobina primaria 130 y el IPG 100. Por ejemplo, si las tensiones medidas en 230x1 y 230x2 fueran, respectivamente, 2 V y 10 V, en lugar de 8 V y 10 V como en el ejemplo anterior, la diferencia entre las señales sería de 8 V. La mayor magnitud de la diferencia indicará

a los circuitos 279 de indicación de la posición que el IPG 100 está situado aún más hacia la PDC 230x1 en el escenario de 2 V / 10 V de lo que lo estaba en el escenario de 8 V / 10 V. De esta forma, esta realización es capaz de proporcionar información detallada acerca de la posición relativa del IPG 100 por lo que respecta a la posición según la dirección x. Como se comprenderá, el mismo tratamiento puede llevarse a cabo simultáneamente por parte de las PDCs 230y1 y 230y2 con el fin de determinar la posición relativa del IPG 100 en la dirección y, con lo que se permite al cargador externo 210 proporcionar una imagen completa de la posición del IPG 100.

Las realizaciones de las Figuras 7A-7B muestran que la bobina primaria 130 es excitada por una tensión de CA de V_{bobina} a una frecuencia de f_{bobina} , en tanto que las PDCs 230 son excitadas a una tensión de V_{PDC} , a una frecuencia de f_{PDC} . En ciertas realizaciones, resultará ventajoso excitar la bobina de carga 130 y las PDCs 230 a frecuencias diferentes. Debido a que el campo producido por la bobina de carga 130 es más poderoso que el campo producido por una PDC 230 individual, si f_{bobina} fuera igual a f_{PDC} , podría resultar difícil para los circuitos 281 de detección de alineación determinar simultáneamente la tensión de bobina en cualquiera de las PDCs 230 mientras la bobina de carga 130 se encuentra activa, debido a que la tensión de la bobina de carga 130 podría bloquear o "saturar" las PDCs. De esta forma, en algunas realizaciones, la bobina de carga 130 puede ser excitada a, por ejemplo, 140 V y a 80 kHz, en tanto que las PDCs 230 pueden ser excitadas a, por ejemplo, 10 V y a entre 800 kHz y 1 MHz. La corriente esperada que se extrae de la bobina de carga 130 puede ser de aproximadamente 300 mA, en tanto que la corriente esperada que se extrae de cada una de las PDCs 230 puede ser de 25 mA. De esta forma, el cargador externo 210 puede poseer al menos dos fuentes de suministro de señales diferentes —una señal para la bobina de carga 130, y una o más señales que pueden ser encaminadas a cada una de las PDCs 230. Las bobinas de carga son, idealmente, excitadas a la tensión más pequeña posible, de tal modo que la fuente de suministro de energía 180 del cargador externo 210 gasta una cantidad mínima de energía para alimentarlas. Resulta también ventajoso asegurarse de que la bobina de carga 130 y las PDCs 230 son excitadas a frecuencias que no son armónicos enteros directos unas de otras, de tal modo que no hay interferencias a la hora de medir las tensiones de las diversas medidas.

La Figura 8A es un diagrama de flujo que detalla una realización de una técnica para asegurar la alineación apropiada de un cargador externo 210 con un IPG 100, de tal manera que la bobina de carga y las PDCs son excitadas por fuentes de suministro de energía de CA a frecuencias no armónicas enteras diferentes —es decir, f_{bobina} no es igual a f_{PDC} . Primeramente, el usuario coloca el cargador externo 210 apoyado contra la superficie de su cuerpo 278, en la proximidad conocida del IPG 100 (referencia 310). En este momento, el paciente activará el cargador externo 210 y comenzará a cargar el IPG 100 (320). El ajuste por defecto para el cargador externo 210 es la salida de potencia máxima. Siempre y cuando el cargador externo no reciba una indicación de que el IPG 100 se ha cargado por completo (330), continuará cargando el IPG 100. Como el cargador externo 210 está cargando el IPG 100 a una frecuencia de f_{bobina} , los circuitos 281 de detección de la alineación existentes en el cargador externo 210 detectan la alineación del cargador con el IPG 100 basándose, al menos en parte, en medidas eléctricas tomadas de la pluralidad de PDCs 230 que inducen activamente campos magnéticos a una frecuencia de f_{PDC} , y los circuitos 279 de indicación de la posición calculan la posición del IPG 100 (340). Estos cálculos (340) se producen de manera instantánea o en tiempo real, de tal modo que, en cualquier momento en que la alineación llega a ser deficiente, puede indicarse una acción correctiva al usuario y adoptarse esta en etapas subsiguientes. Si el IPG 100 y el cargador externo 210 están apropiadamente alineados (350), el cargador externo 210 continúa cargando la fuente interna de suministro de energía 180 del IPG 100 hasta recibir una indicación de que el IPG 100 está completamente cargado (referencia 330). Si el cargador externo 210 determina que el IPG 100 y el cargador externo 210 no están apropiadamente alineados (350), el cargador externo 210 indicará al usuario en qué dirección ha de mover el cargador externo 210 para mejorar la alineación (360) mientras se sigue cargando el IPG 100. Una vez que el cargador externo 210 determina que la fuente interna de suministro de energía 180 del IPG 100 ha sido completamente cargada (330), indicará al usuario, por medio de un pitido audible u otra indicación visual, que el procedimiento de carga ha sido completado (370).

En otras realizaciones, puede ser posible excitar la bobina de carga 130 y las PDCs 230 a la misma frecuencia. Debido a que el campo producido por la bobina de carga 130 es mucho más poderoso que el campo producido por una PDC individual 130, si f_{bobina} fuese igual a f_{PDC} , podría resultar difícil para los circuitos 281 de detección de la alineación determinar simultáneamente la tensión de bobina en cualquiera de las PDCs 230 mientras la bobina de carga se encuentra activa, debido a que la tensión de la bobina de carga 130 bloquea o "satura" las PDCs. De esta forma, en algunas realizaciones, la bobina de carga 130 puede ser temporalmente desconectada o interrumpida con el fin de permitir que los circuitos 281 de detección de la alineación midan, ya sea secuencial, ya sea simultáneamente, las tensiones en cada una de las PDCs 230 y envíen las mediciones a los circuitos 279 de indicación de la posición. Por ejemplo, la bobina de carga 230 puede ser desactivada y las PDCs 230 pueden ser interrogadas durante entre 50 y 100 ms de cada segundo, de manera que la bobina de carga esté activada para los restantes 900-950 milisegundos de cada segundo. En tal realización, el cargador externo 210 puede poseer una única fuente de señal de CA para excitar la bobina de carga 130 y las PDCs 230 a una única frecuencia. Las bobinas de carga son, idealmente, excitadas a la tensión más pequeña posible, de tal manera que la fuente de suministro de energía 180 del cargador externo 210 gaste una mínima cantidad de energía para alimentarlas.

La Figura 8B es un diagrama de flujo que detalla una realización de una técnica para asegurar la alineación apropiada de un cargador externo 210 con un IPG 100, en la cual la bobina de carga y las PDCs son excitadas por fuentes de suministro de energía de CA a la misma frecuencia —es decir, f_{bobina} es igual a f_{PDC} . En primer lugar, el

usuario coloca el cargador externo 210 apoyado contra la superficie de su cuerpo 278, en la proximidad conocida del IPG 100 (referencia 310). En este momento, el paciente activará el cargador externo 210 y comenzará a cargar el IPG 100 (referencia 320). El ajuste por defecto para el cargador externo 210 es la salida de potencia máxima. En tanto en cuanto el cargador externo no reciba una indicación de que el IPG 100 está completamente cargado (330), continuará cargando el IPG 100. Para un intervalo de tiempo predeterminado, el cargador externo 210 inhabilitará temporalmente la bobina de carga 130, de tal manera que pueda tomar medidas de las PDCs 230 (335). Mientras el cargador externo 210 ha cesado temporalmente de cargar el IPG 100 a una frecuencia de f_{bobina} , los circuitos 281 de detección de la alineación existentes en el cargador externo 210 detectan la alineación del cargador con el IPG 100 basándose, al menos en parte, en las medidas eléctricas tomadas de la pluralidad de PDCs 230 que inducen activamente campos magnéticos a una frecuencia de f_{bobina} , y los circuitos 279 de indicación de la posición calculan la posición del IPG 100 (345). Este cálculo (345) se produce de forma instantánea o en tiempo real, de tal manera que, en cualquier momento en que la alineación se haga defectuosa, puede indicarse una acción correctiva al usuario y adoptarse esta en etapas subsiguientes. Si el IPG 100 y el cargador externo 210 están apropiadamente alineados(350), el cargador externo 210 reanuda la carga de la fuente interna de suministro de energía 180 del IPG 100, hasta que recibe una indicación de que el IPG 100 se ha cargado por completo (330). Si el cargador externo 210 determina que el IPG 100 y el cargador externo 210 no están apropiadamente alineados (350), el cargador externo 210 indicará al usuario en qué dirección ha de mover el cargador externo 210 para mejorar la alineación (360), al tiempo que sigue reanudando su carga del IPG 100. Una vez que el cargador externo 210 ha determinado que la fuente interna de suministro de potencia 180 del IPG 100 se ha cargado por completo (330), indicará al usuario, por medio de un pitido audible u otra indicación visual, que el procedimiento de carga se ha completado (370).

La Figura 9A muestra un escenario en el que un dispositivo médico implantable 100 se ha implantado dentro del cuerpo del paciente, pero bien alineado con el cargador externo 210. En este escenario, la bobina primaria se verá ligeramente desintonizada por la presencia del IPG (por ejemplo, desintonizada desde 140 V hasta 120 V), y cada una de las PDCs 230 tendrá una V_{bobina} similar, debido a que cada bobina recogerá un flujo magnético reflejado equivalente, es decir, V_{bobinaX1} , V_{bobinaX2} , V_{bobinaY1} y V_{bobinaY2} serán, todas, iguales, tal y como se ha mostrado en el gráfico 420a de la Figura 9A (por ejemplo, cada una de ellas está desintonizada desde 10 V hasta 8 V). De esta forma, las diferencias entre las tensiones medidas de las dos PDCs de cada uno de los pares de PDCs serán cero o próximas a cero, y los circuitos 279 de indicación de la posición determinarán que el cargador externo 210 estaba apropiadamente, es decir, simétricamente, alineado con el IPG 100.

La Figura 9B muestra un escenario en el que un dispositivo médico implantable 100 se ha implantado de forma poco profunda dentro del cuerpo del paciente, pero está deficientemente alineado con el cargador externo 210; específicamente, está sesgado o desviado en la dirección y. Como se ha explicado anteriormente, un cargador externo de la técnica anterior no será capaz de distinguir entre el escenario presentado en la Figura 9A y el escenario presentado en la Figura 9B, debido a que la única medida disponible será V_{bobina} , que es 120 V en ambos escenarios. Sin embargo, con el cargador externo mejorado 210, estos dos escenarios son distinguibles. En el escenario mostrado en la Figura 9B, la PDC de campo 230y2 mide una V_{bobina} (V_{bobinaY2}) más baja que las otras PDCs, debido a que la PDC 230y2 recoge una cantidad desproporcionadamente más grande de flujo magnético reflejado, tal como se muestra en el gráfico 420b de la Figura 9B (por ejemplo, V_{bobinaY2} está desintonizada desde 10 V hasta 6 V, V_{bobinaY1} no está desintonizada en absoluto, y V_{bobinaX1} y V_{bobinaX2} están mínimamente desintonizadas). Como se ha explicado anteriormente, los circuitos 281 de detección de la alineación pueden comparar los valores de V_{bobinaY1} y V_{bobinaY2} . En este escenario, ello resultará en una determinación de que V_{bobinaY2} es más pequeña que V_{bobinaY1} , y los circuitos 281 de determinación de la alineación enviarán señales a los circuitos 279 de indicación de la posición que serán interpretadas con el significado de que el IPG 100 está realmente más cerca de la PDC 230y2 de lo que lo está de la PDC 230y1, es decir, de que el cargador 210 está demasiado lejos hacia la izquierda, según se ha ilustrado. El cargador externo 210 indicará entonces al usuario cómo corregir el problema de desalineación, es decir, dando instrucciones al usuario para que mueva el cargador 210 a la derecha, a fin de maximizar el acoplamiento eléctrico del cargador externo 210 y el dispositivo médico implantable 100. El mismo tratamiento es llevado a cabo simultáneamente por las PDCs 230x1 y 230x2 con el fin de facilitar información acerca de la posición del IPG 100 según la dirección x.

La Figura 10 muestra un diagrama de bloques de un sistema de detección de la alineación mejorado que comprende un cargador externo mejorado 210, destinado a inducir un campo magnético, el cual incluye PDCs 230 de inducción de campo magnético, unos circuitos 281 de detección de la alineación, destinados a medir las reflexiones de los campos magnéticos inducidos, y los circuitos 279 de indicación de la posición. Los circuitos 228 del dispositivo implantables son similares a los que se han descrito con referencia a la Figura 2 anterior, y se han mostrado dentro de un bloque por simplicidad. Los circuitos 281 de detección de la alineación comprenden los circuitos para leer las PDCs 230 y pueden estar fijados al cuadro o placa de circuitos impresos (PCB –“printed circuit board”) del cargador externo 210. Los circuitos 281 de detección de la alineación envían la información de PDC a los circuitos 279 de indicación de la posición, los cuales disciernen la alineación entre el dispositivo implantado 100 y el cargador externo 210. Los circuitos 279 de indicación de la posición indican entonces al usuario una dirección en la que se ha de mover el cargador externo 210 para mejorar la alineación del cargador externo 210 con respecto al dispositivo médico implantable 100. Dicha indicación puede tener lugar de una variedad de formas, que incluyen, aunque sin limitarse a: activar indicadores visuales, tales como luces de LED 295 que pueden haberse configurado para iluminar

sobre la superficie del cargador externo 210 (véase la Figura 11); activar indicadores audibles, tales como pitidos u órdenes verbales para el usuario; o activar indicadores táctiles, tal como haciendo vibrar ciertos lados del cargador externo 210 con el fin de indicar que el cargador externo 210 necesita ser desplazado en esa dirección.

Debido a que el cargador externo 210 se coloca a menudo apoyado contra la espalda o las nalgas de un paciente, puede resultar difícil para el paciente recibir información desde el cargador externo 210 que indique el modo como mejorar la alineación del cargador. A fin de proporcionar una mejor información sobre la posición al paciente, el cargador externo 210 puede transmitir, opcionalmente, a través de un enlace de comunicación 250, información sobre la desalineación a otro dispositivo externo para controlar los ajustes terapéuticos del dispositivo médico implantable, por ejemplo, un mando a distancia 218. El dispositivo externo puede indicar, a continuación, el modo como el cargador externo 210 debe ser movido para mejorar la alineación del cargador externo 210 con respecto al dispositivo médico implantable 100. Este tipo de comunicación se divulga en la Solicitud de Patente de los EE.UU. de N° de Serie 12/476.523, presentada el 2 de junio de 2009, de propiedad común con la presente.

La Figura 11 muestra una realización de un cargador externo mejorado 210 para cargar un dispositivo médico implantable. El cargador externo 210 se ha mostrado asentado dentro de una unidad de base 296. En esta realización se han dispuesto cuatro luces de LED en forma de flecha 295 en la superficie del cargador externo 210, de tal manera que una luz de LED en forma de flecha apunta hacia cada borde del cargador externo 210. Unos circuitos 279 de indicación de la posición determinan en qué dirección se ha de mover el cargador externo 210 para proporcionar una mejor alineación con el dispositivo implantable 100, y estos pueden enviar una señal de control apropiada para encender una o más de las luces de LED 295 con el fin de indicar esa dirección al usuario. Una vez que los circuitos 279 de determinación de la posición han detectado que existe un grado satisfactorio de alineación entre la bobina primaria 130 del cargador externo 210 y el dispositivo implantable, los circuitos 279 de indicación de la posición envían una señal de control para apagar cada luz de LED 295 hasta que detecten de nuevo un estado de desalineación durante la carga.

Si bien se han mostrado y descrito realizaciones particulares de la presente invención, ha de comprenderse que la anterior exposición no está destinada a limitar la presente invención a estas realizaciones.

REIVINDICACIONES

- 1.- Un cargador externo para uso con un dispositivo médico susceptible de se implantado, o implantable, que comprende:
 - 5 una bobina primaria para producir un primer campo magnético con el fin de proporcionar energía al dispositivo médico implantable;
 - una pluralidad de bobinas de determinación de posición, destinadas a producir segundos campos magnéticos;
 - un circuito de detección de alineación, destinado a determinar una alineación de la bobina primaria con respecto al dispositivo médico implantable, de tal manera que la determinación está basada en medidas eléctricas tomadas de la pluralidad de bobinas de determinación de posición; y
 - 10 un circuito de indicación de posición, destinado a recibir la determinación e indicar a un usuario una desalineación del cargador externo con respecto al dispositivo médico implantable.
- 2.- El cargador externo de acuerdo con la reivindicación 1, en el cual el circuito de indicación indica al usuario, de manera adicional, el modo como mejorar la alineación del cargador externo con respecto al dispositivo médico implantable.
- 15 3.- El cargador externo de acuerdo con la reivindicación 1, en el cual el circuito de indicación activa unos indicadores visuales situados en el cargador externo.
- 4.- El cargador externo de acuerdo con la reivindicación 3, en el cual los indicadores visuales indican una dirección en la que se ha de mover el cargador externo para mejorar la alineación del cargador externo con respecto al dispositivo médico implantable.
- 20 5.- El cargador externo de acuerdo con la reivindicación 1, en el cual el circuito de indicación de la posición transmite información de desalineación a otro dispositivo externo.
- 6.- El cargador externo de acuerdo con la reivindicación 1, en el cual el circuito de detección de la alineación mide reflexiones de los segundos campos magnéticos en el dispositivo médico implantable.
- 25 7.- El cargador externo de acuerdo con la reivindicación 1, en el cual la medición eléctrica comprende una tensión a través de al menos una de la pluralidad de bobinas de determinación de la posición.
- 8.- El cargador externo de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la bobina primaria está arrollada en torno a un eje central, y en el cual la pluralidad de bobinas de determinación de la posición están arrolladas en torno a ejes que son paralelos al eje central.
- 30 9.- El cargador externo de acuerdo con la reivindicación 1, en el cual la bobina primaria y la pluralidad de bobinas de determinación de la posición son excitadas a diferentes frecuencias.
- 10.- El cargador externo de acuerdo con la reivindicación 1, en el cual la bobina primaria y la pluralidad de bobinas de determinación de la posición son excitadas a la misma frecuencia.
- 11.- El cargador externo de acuerdo con la reivindicación 1, en el cual la pluralidad de bobinas de determinación de la posición son excitadas, cada una de ellas, por una fuente de suministro de corriente diferente.
- 35 12.- El cargador externo de acuerdo con la reivindicación 1, en el cual la pluralidad de bobinas de determinación de la posición son excitadas, cada una de ellas, por la misma fuente de suministro de corriente.
- 13.- Un método para evaluar la alineación entre un cargador externo y un dispositivo médico implantable, que comprende:
 - 40 producir desde una bobina primaria del cargador externo un primer campo magnético con el fin de proporcionar energía a un dispositivo médico implantable;
 - producir desde cada una de una pluralidad de bobinas de determinación de posición un segundo campo magnético;
 - detectar las reflexiones de los segundos campos magnéticos en el dispositivo médico implantado, en la pluralidad de bobinas de determinación de la posición; y
 - 45 determinar una alineación del cargador externo con respecto al dispositivo médico implantable, de tal manera que la determinación está basada en medidas eléctricas tomadas de la pluralidad de bobinas de determinación de la posición.
- 14.- El método de acuerdo con la reivindicación 13, que comprende adicionalmente transmitir a otro dispositivo

externo una indicación de cómo mejorar la alineación del cargador externo con respecto al dispositivo médico implantable.

- 5 15.- El método de acuerdo con la reivindicación 13, que comprende adicionalmente indicar a un usuario cómo ha de desplazar el cargador externo con respecto al dispositivo médico implantable, basándose en la alineación determinada.
- 16.- El método de acuerdo con la reivindicación 13, en el cual la pluralidad de bobinas de determinación de la posición comprende un primer par de bobinas y un segundo par de bobinas, de tal manera que el primer par de bobinas indica la alineación con respecto a una primera dirección, y de modo que el segundo par de bobinas indica la alineación con respecto a una segunda dirección perpendicular a la primera dirección.
- 10 17.- El método de acuerdo con la reivindicación 13, en el cual la bobina primaria y la pluralidad de bobinas de determinación de la posición son excitadas a diferentes frecuencias.
- 18.- El método de acuerdo con la reivindicación 13, en el cual la bobina primaria y la pluralidad de bobinas de determinación de la posición son excitadas a la misma frecuencia.
- 15 19.- El método de acuerdo con la reivindicación 18, en el cual la bobina primaria es temporalmente interrumpida o desconectada para permitir una medición, ya sea secuencial, ya simultánea, de una tensión en cada una de la pluralidad de bobinas de determinación de la posición.

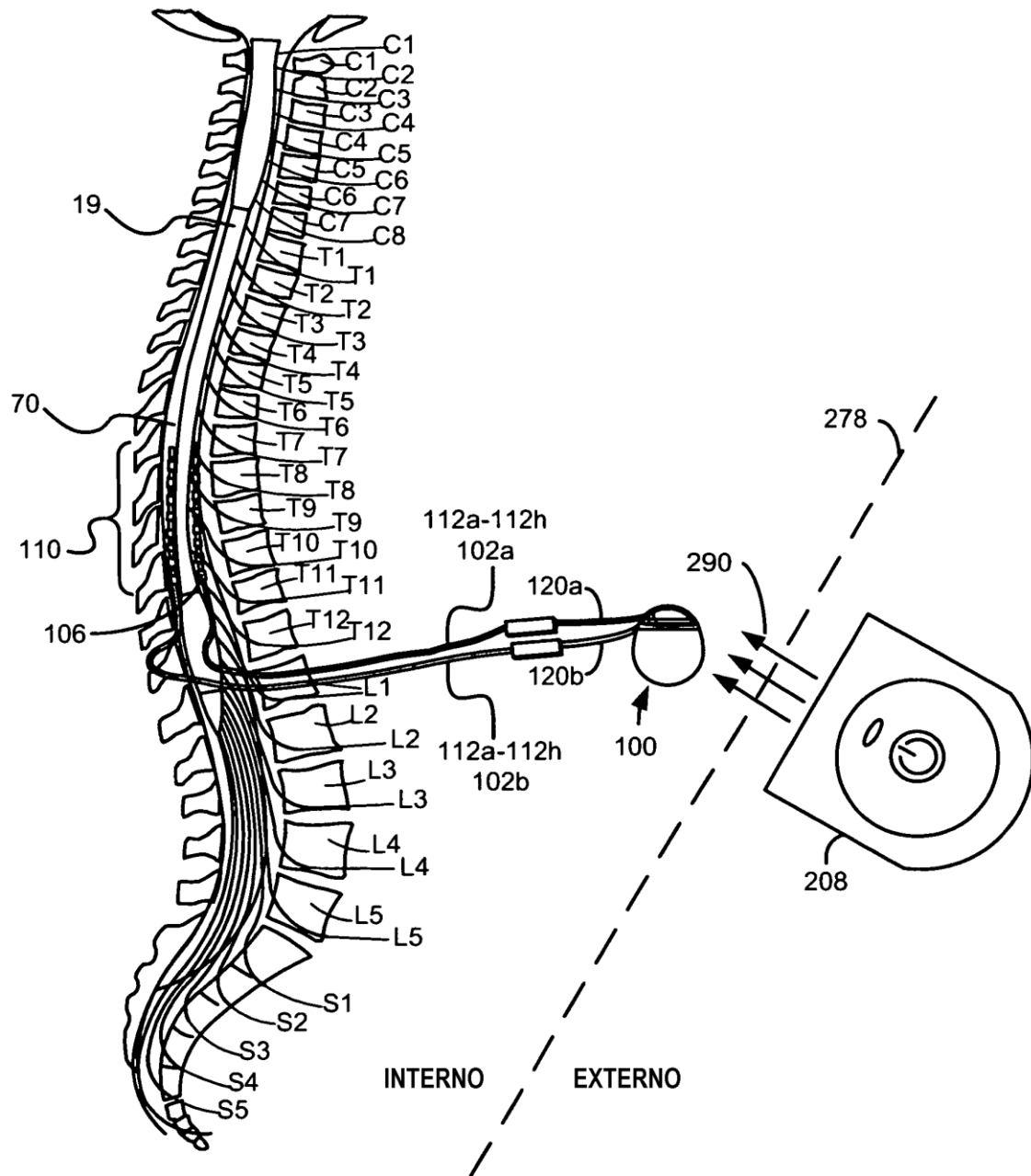


Figura 1
(técnica anterior)

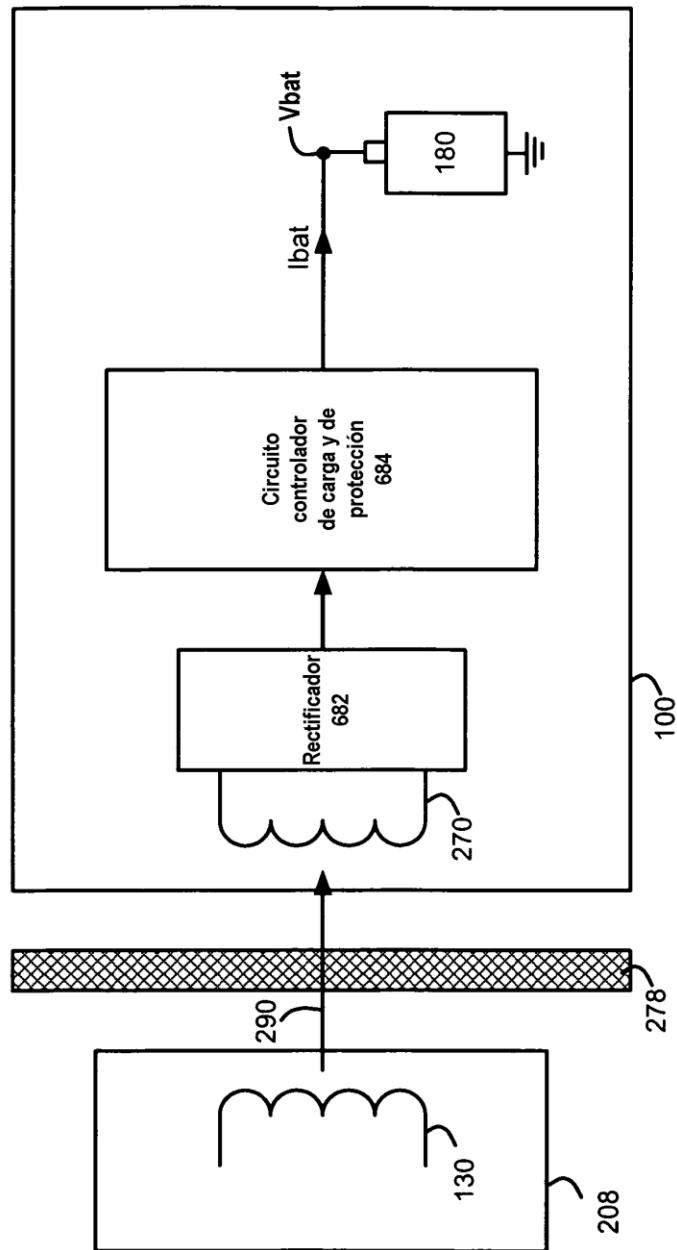


Figura 2 (técnica anterior)

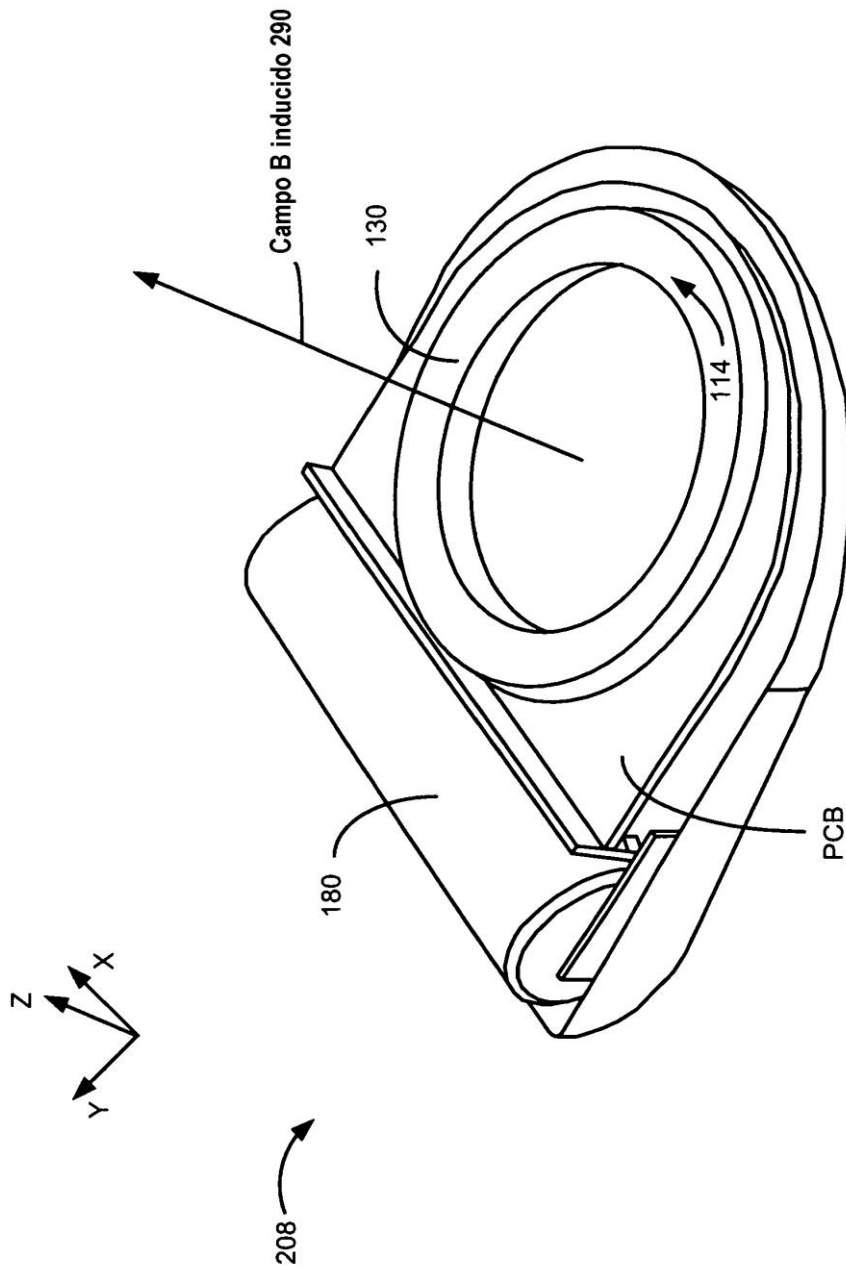


Figura 3 (técnica anterior)

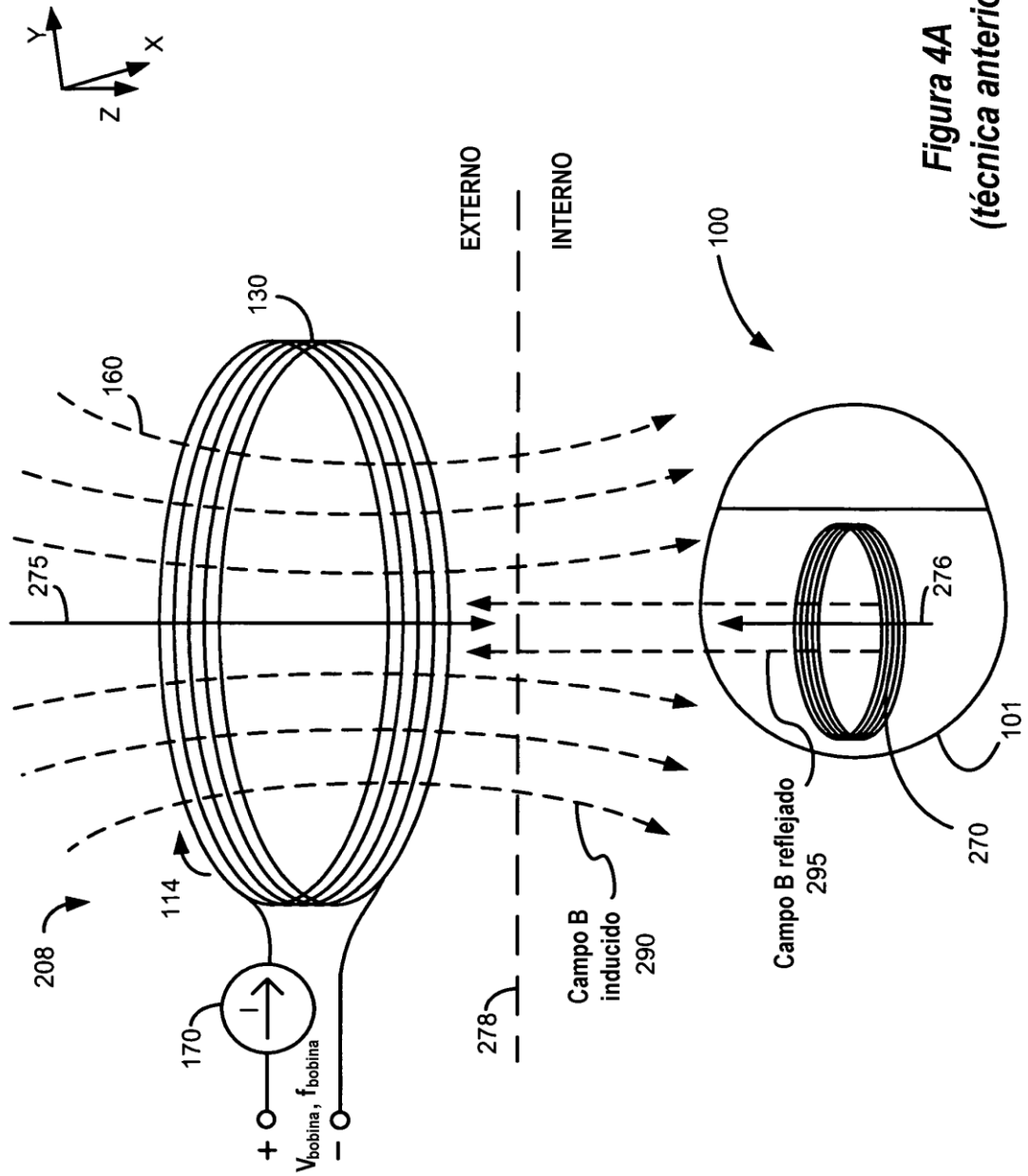


Figura 4A
(técnica anterior)

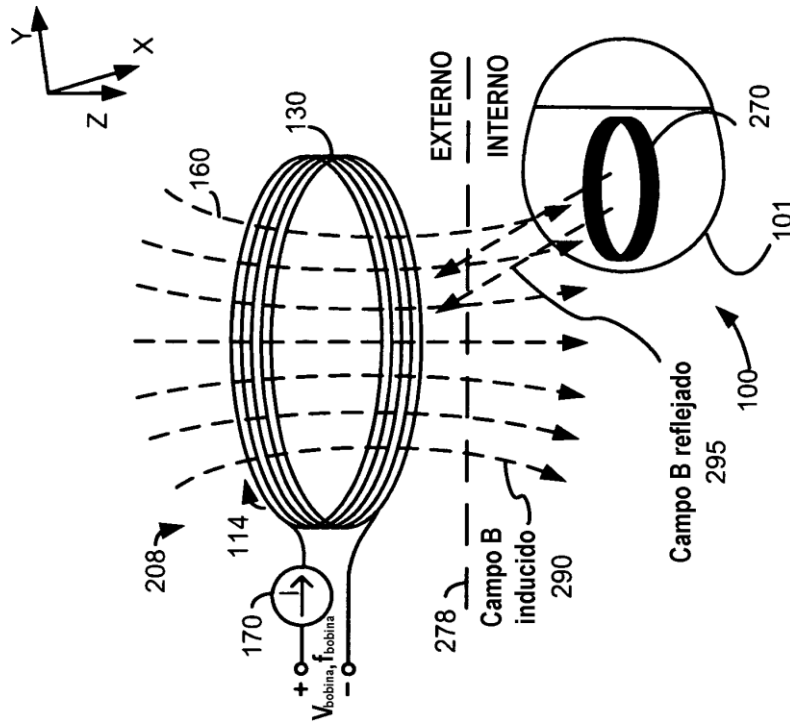


Figura 4C
(técnica anterior)

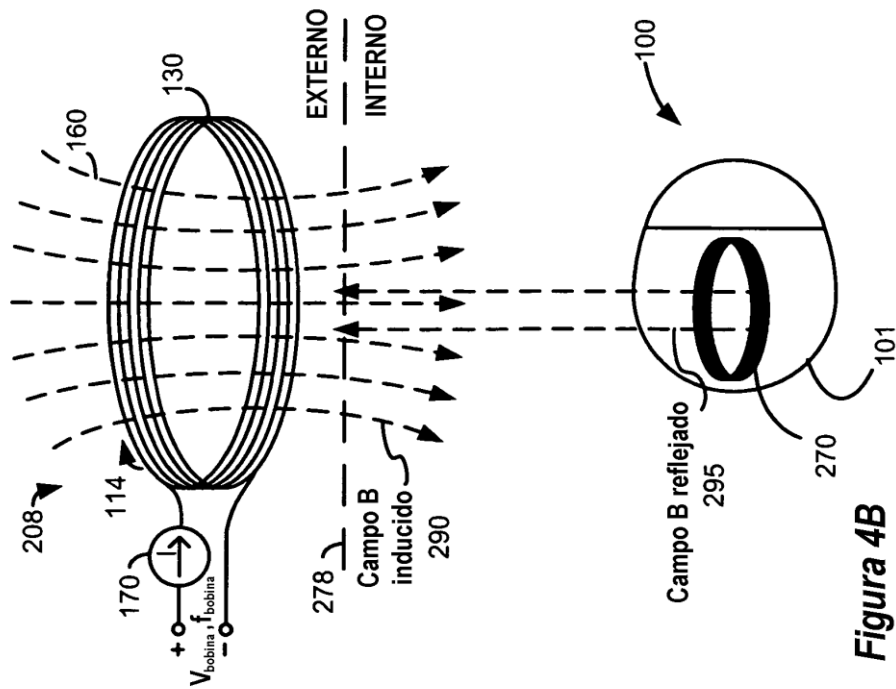


Figura 4B
(técnica anterior)

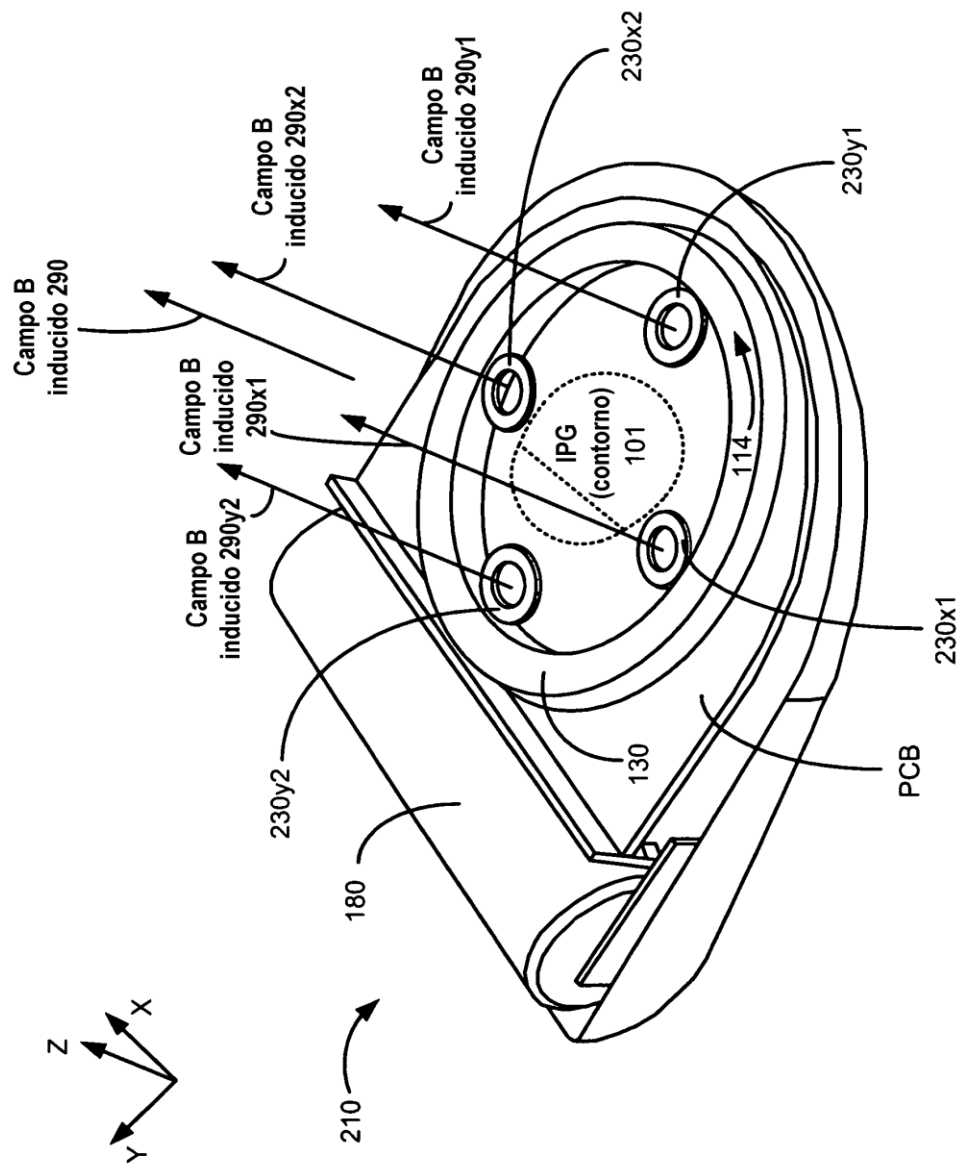


Figura 5A

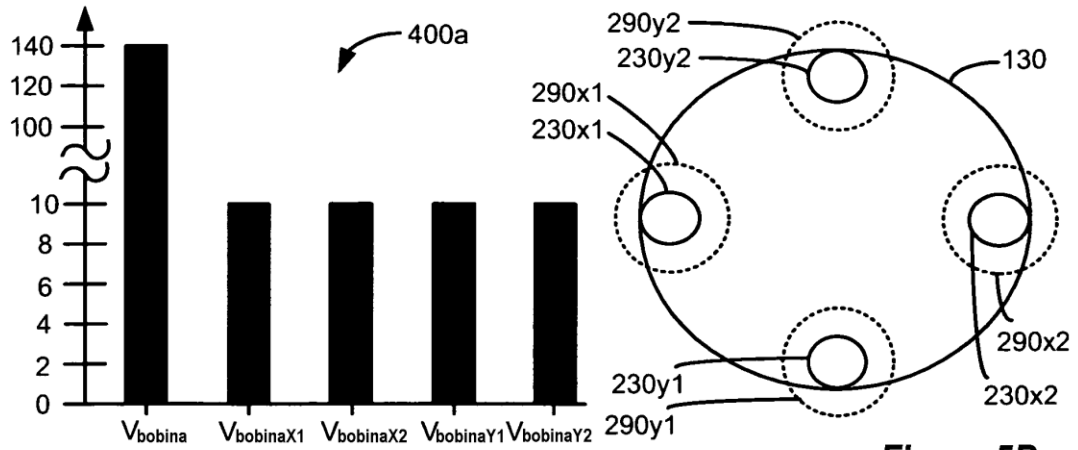


Figura 5B

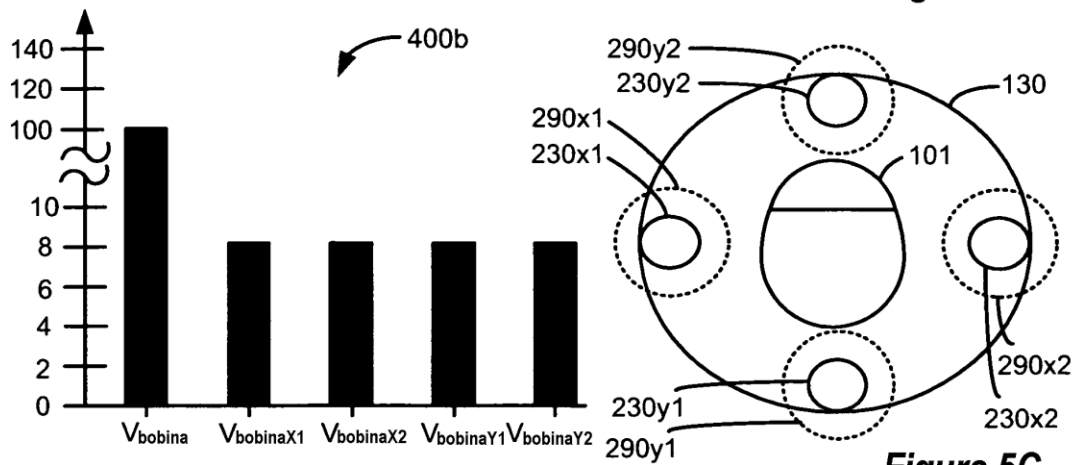


Figura 5C

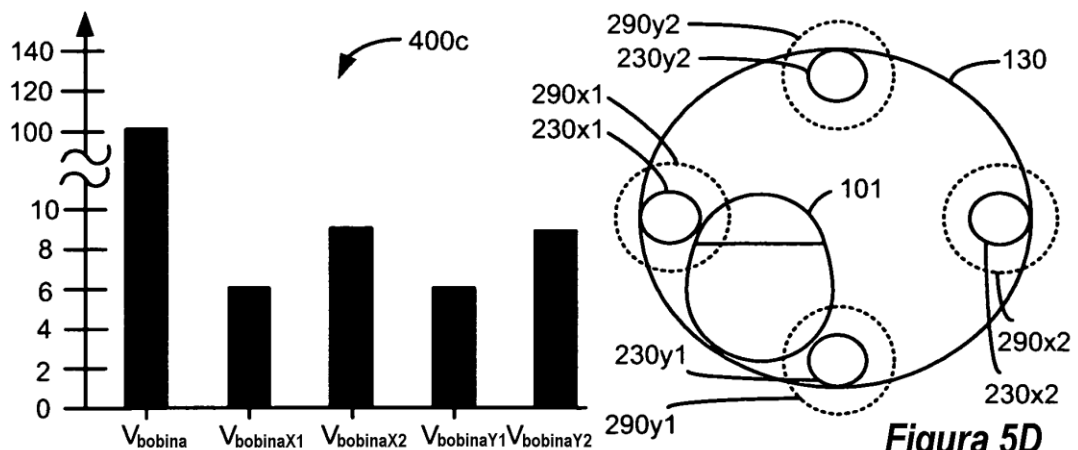


Figura 5D

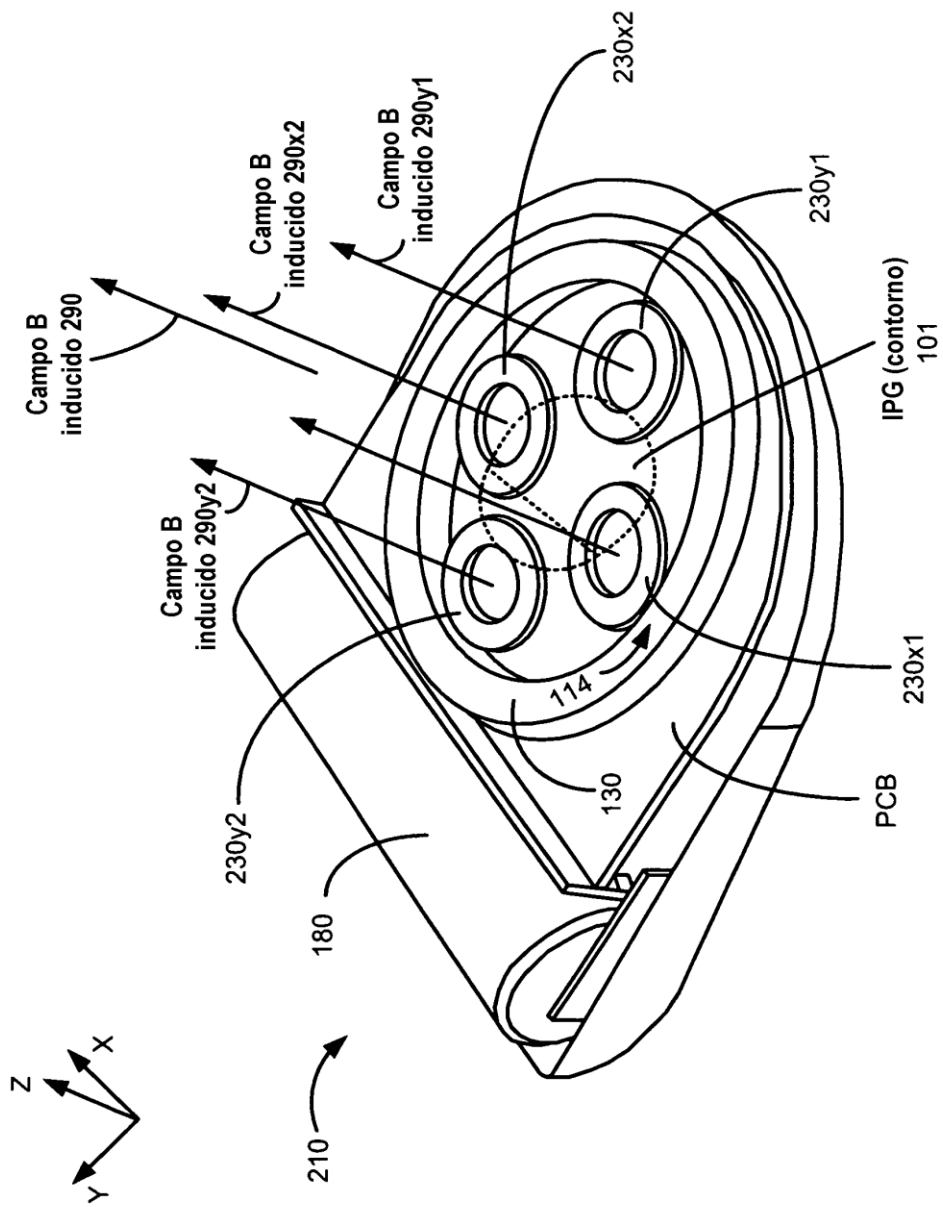
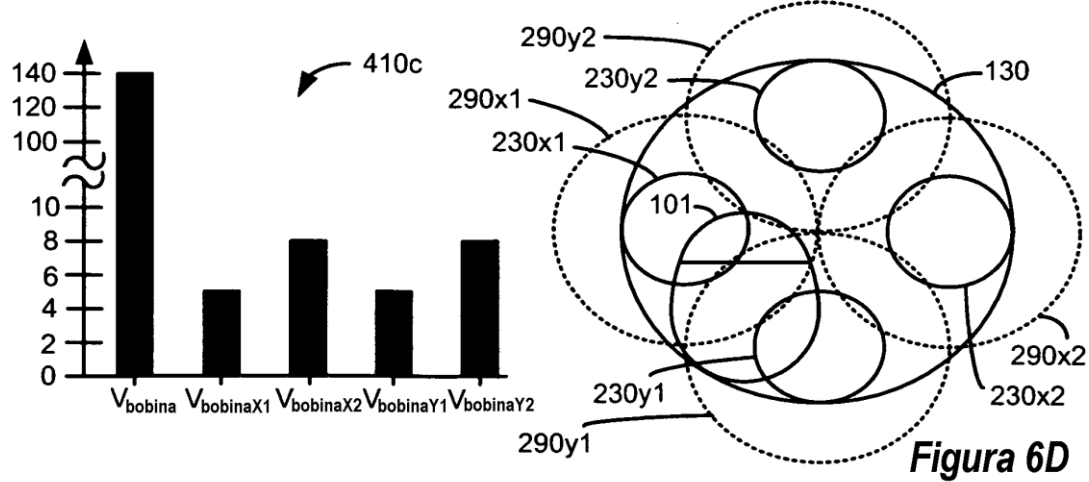
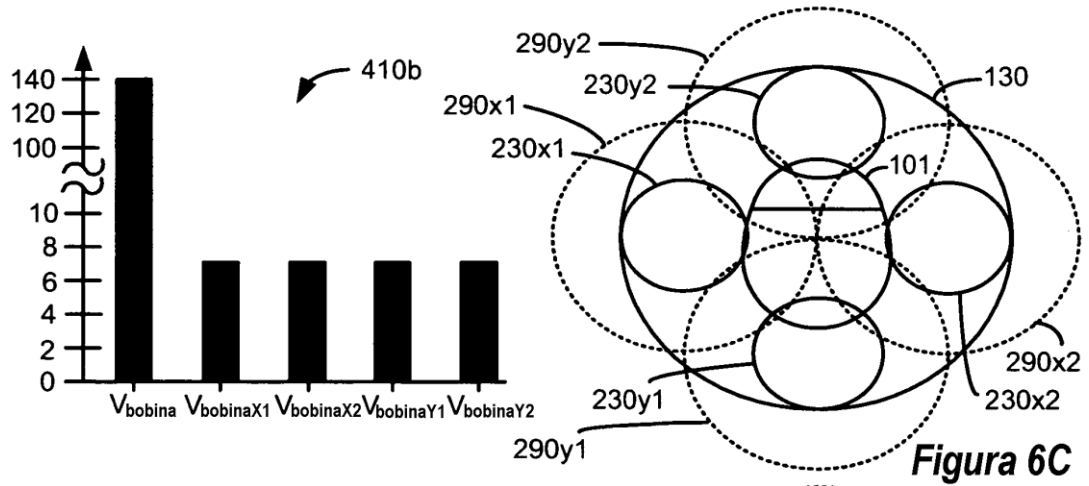
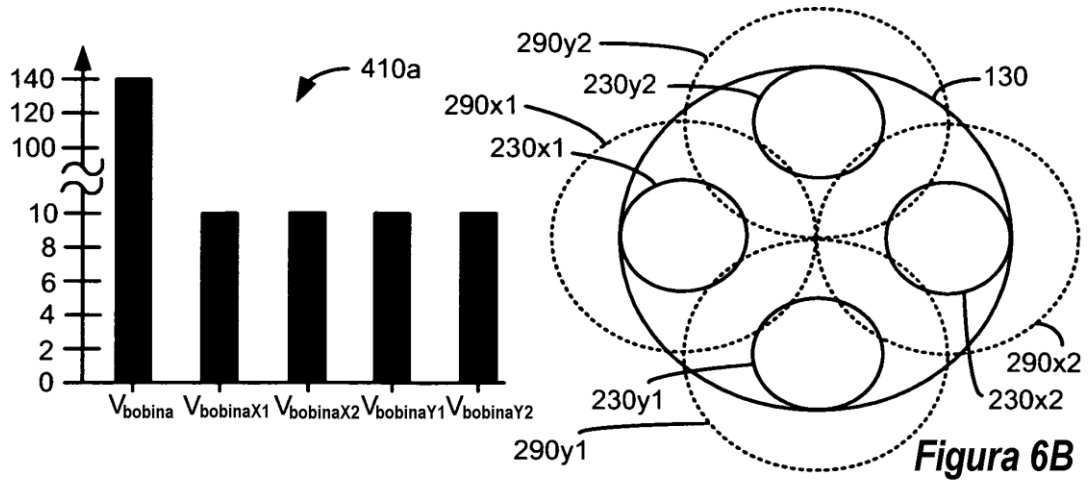


Figura 6A



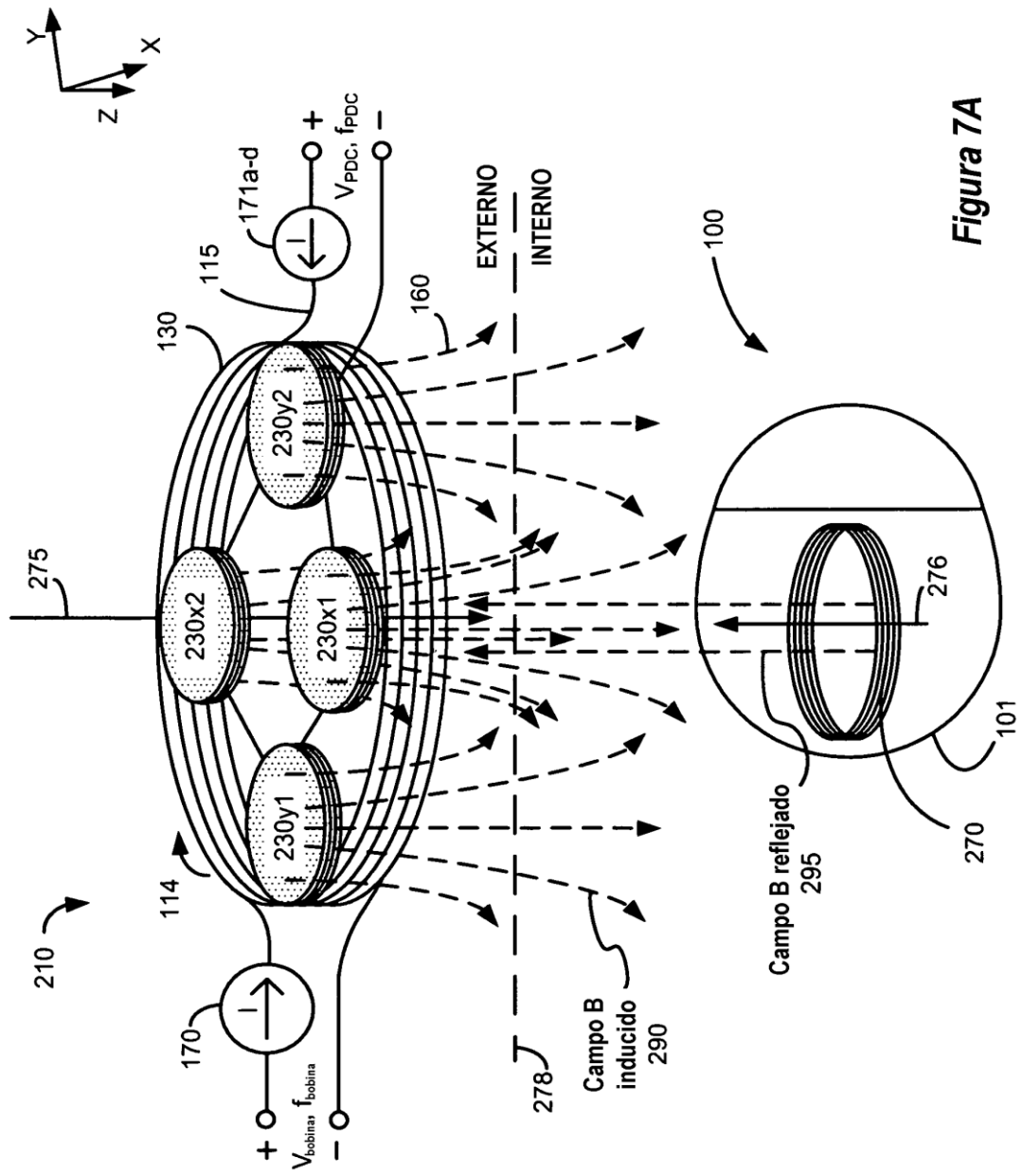


Figura 7A

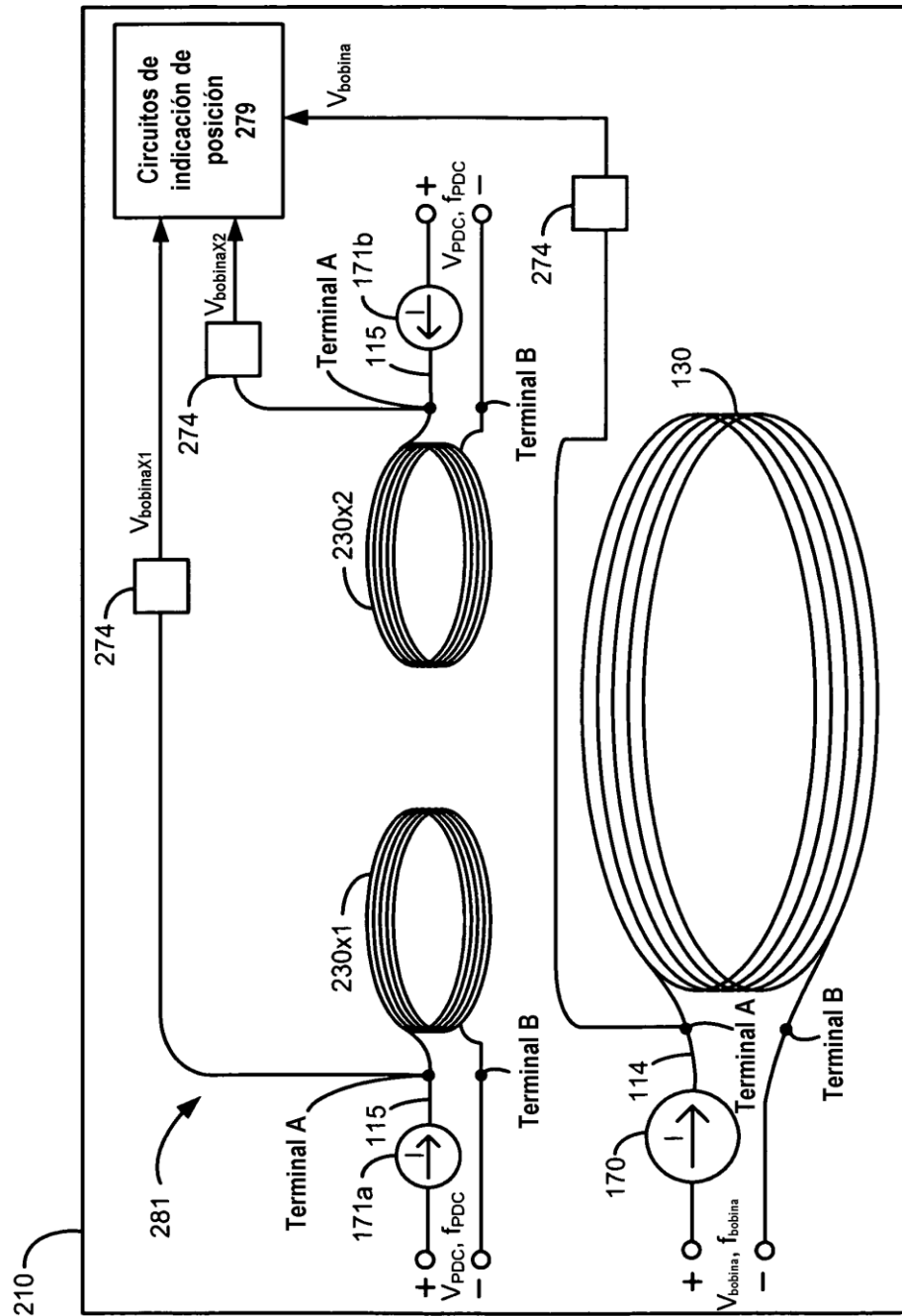


Figura 7B

$$f_{\text{coil}} \neq f_{\text{PDC}}$$

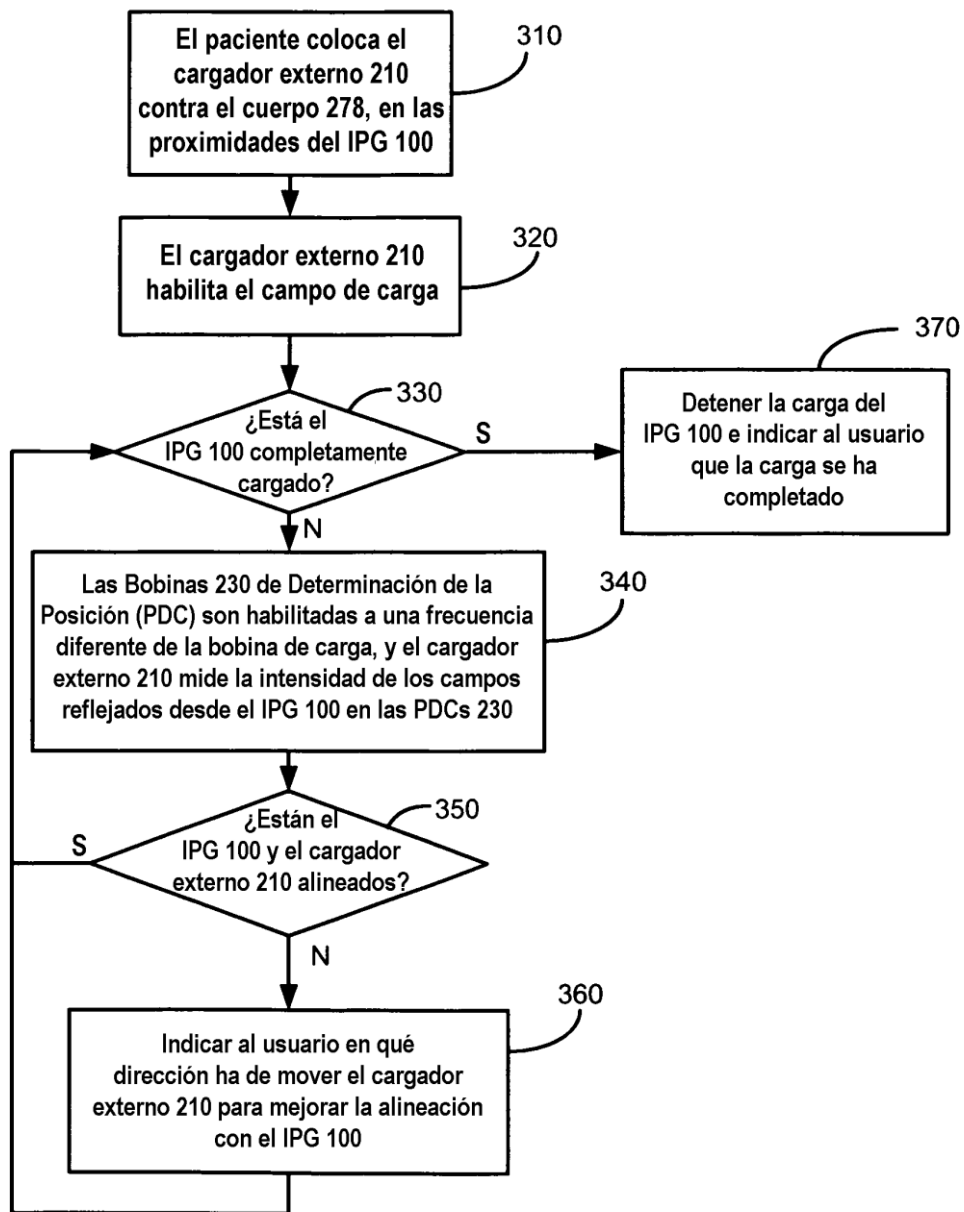


Figura 8A

$$f_{\text{coil}} = f_{\text{PDC}}$$

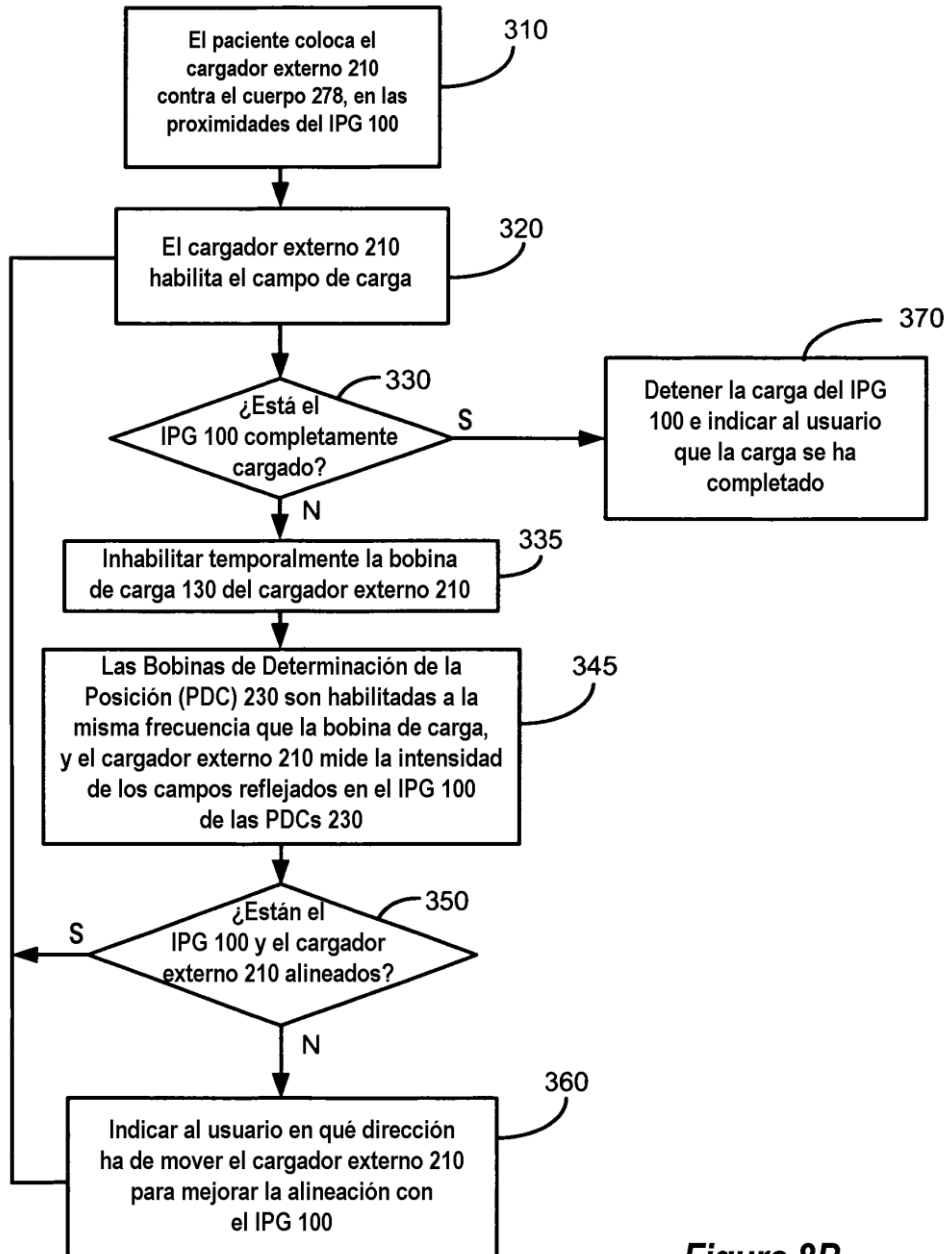


Figura 8B

Profundamente implantado y bien alineado

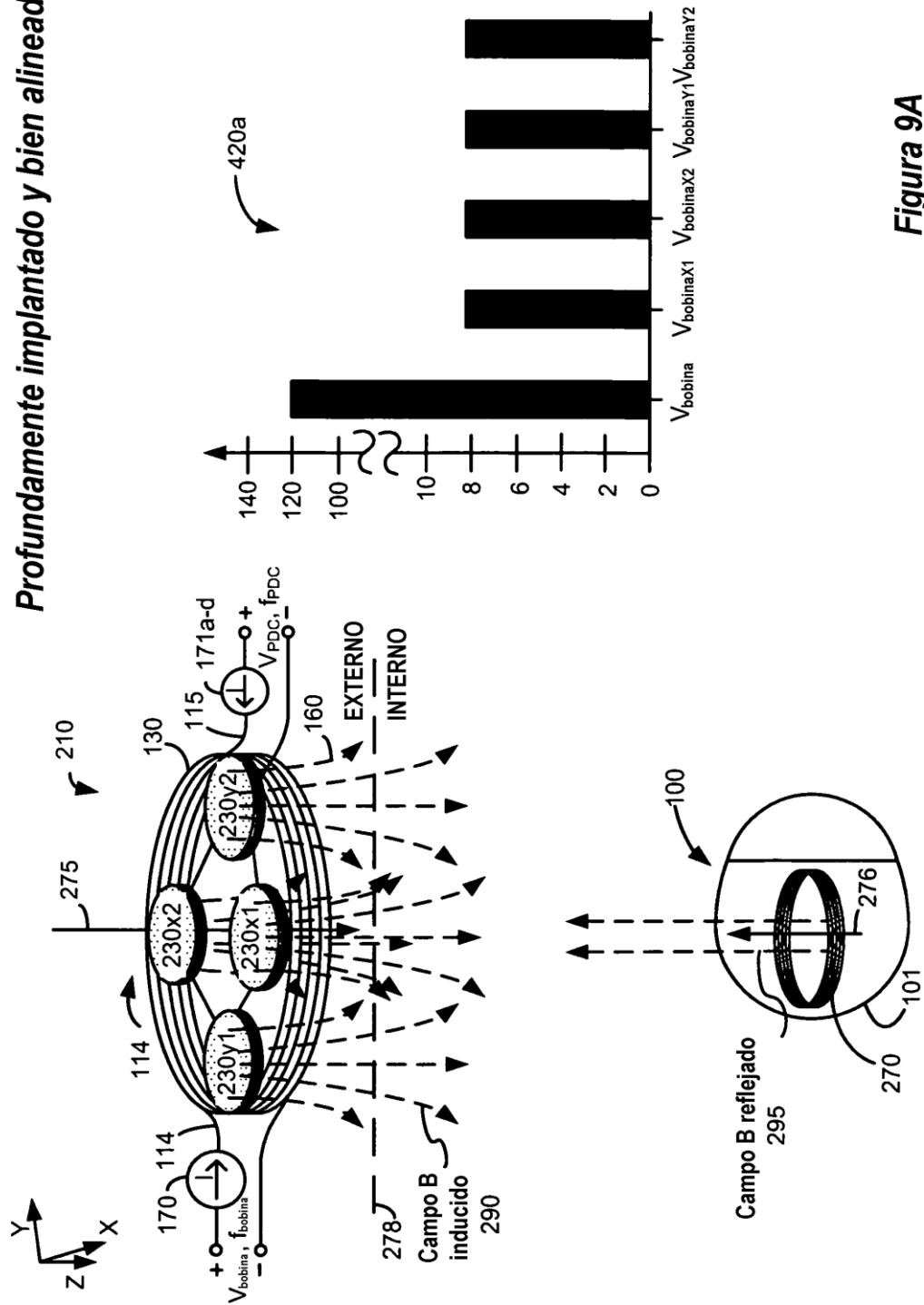


Figura 9A

Superficialmente implantado y deficientemente alineado

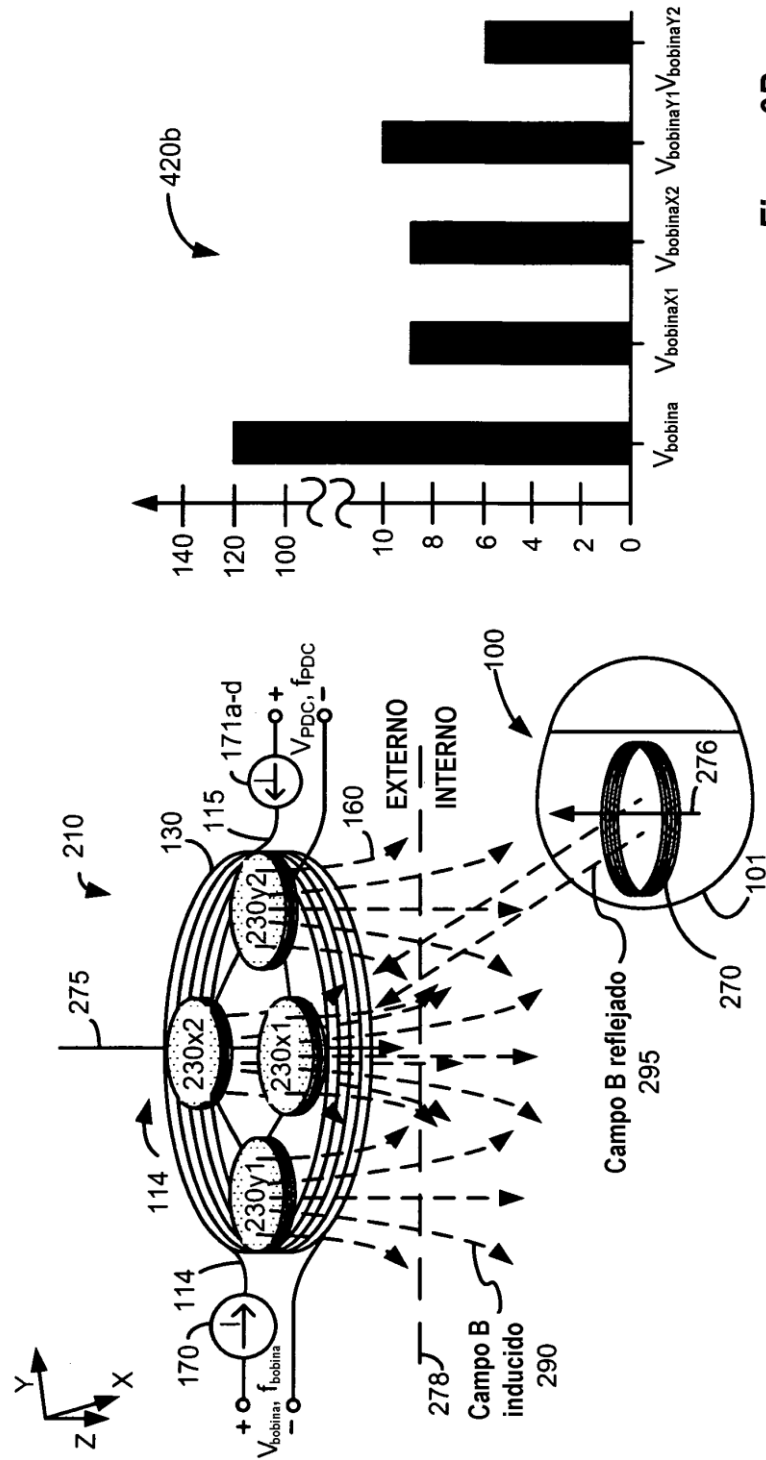


Figura 9B

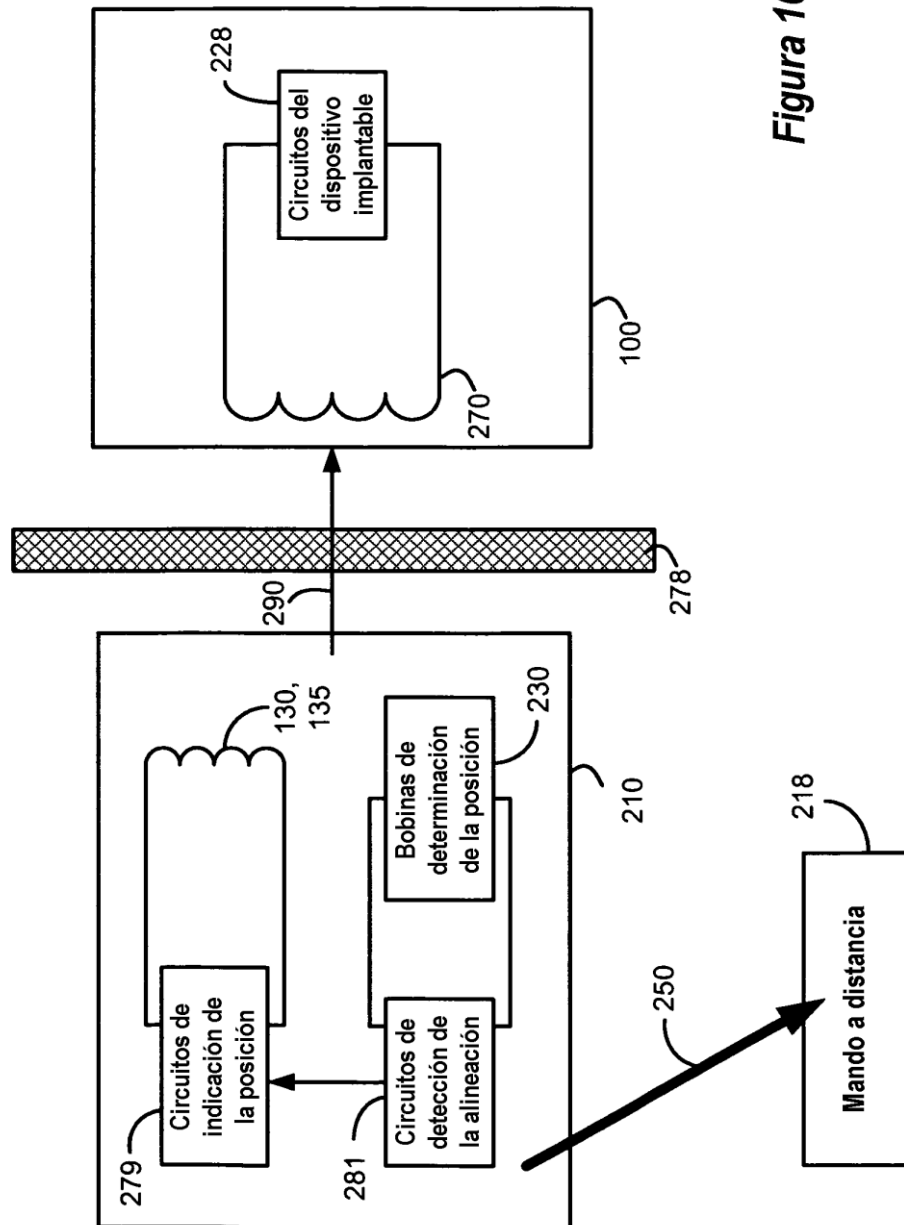


Figura 10

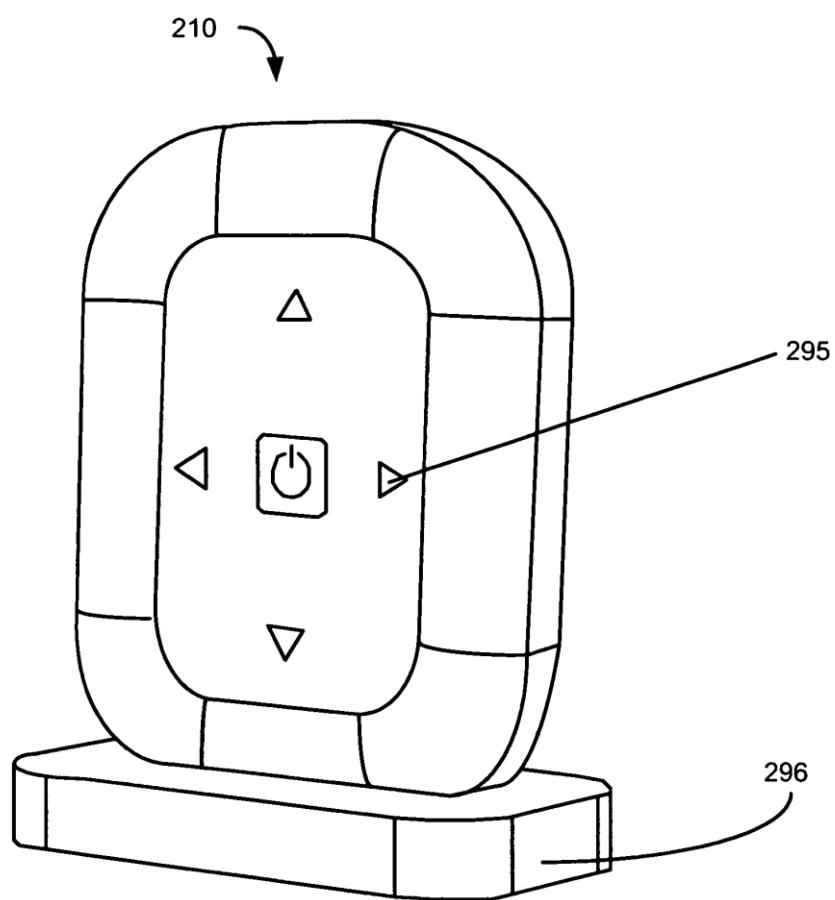


Figura 11