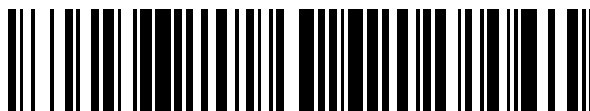


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 665 912**

51 Int. Cl.:

**A61N 2/02** (2006.01)

**A61N 2/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **26.07.2006 PCT/US2006/029266**

87 Fecha y número de publicación internacional: **08.02.2007 WO07016279**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.07.2006 E 06788702 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.01.2018 EP 1912699**

54 Título: **Núcleo magnético para procedimientos médicos**

30 Prioridad:

**27.07.2005 US 191106**

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

**30.04.2018**

73 Titular/es:

**NEURONETICS, INC. (100.0%)  
3222 Phoenixville Pike  
Malvern, PA 19355, US**

72 Inventor/es:

**RIEHL, MARK, EDWARD;  
GHIRON, KENNETH;  
CARBONNEAU, LEO, P. y  
BACHAND, GERARD, E.**

74 Agente/Representante:

**ISERN JARA, Jorge**

ES 2 665 912 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**

Núcleo magnético para procedimientos médicos

5 Antecedentes

Varias dolencias médicas son tratadas o tratables y/o diagnosticadas mediante la aplicación de un campo magnético a una porción afectada del cuerpo de un paciente. Las neuronas y las células musculares son una forma de circuito biológico que transmite señales eléctricas y responde a estímulos electromagnéticos. Cuando un bucle de cable conductor común pasa a través de un campo magnético o está en presencia de un campo magnético cambiante, se induce una corriente eléctrica en el cable.

10

El mismo principio es válido para el tejido biológico conductivo. Cuando se aplica un campo magnético cambiante a una parte del cuerpo, las neuronas pueden despolarizarse y estimularse. Los músculos asociados con las neuronas estimuladas pueden contraerse como si las neuronas estuvieran disparando por causas normales.

15

Una célula nerviosa o neurona se puede estimular de varias maneras, incluyendo transcutáneamente a través de estimulación magnética transcraneal (TMS), por ejemplo. TMS usa un campo magnético que cambia rápidamente para inducir una corriente en una célula nerviosa, sin tener que cortar o penetrar en la piel. Se dice que el nervio “dispara” cuando un potencial de membrana dentro del nervio aumenta con respecto a su nivel ambiental negativo normal de aproximadamente -90 milivoltios, dependiendo del tipo de nervio y el pH local del tejido circundante.

20

El uso de la estimulación magnética es muy eficaz en la rehabilitación de grupos musculares lesionados o paralizados. Además de la estimulación de grandes grupos musculares como el muslo o el abdomen, también se ha llevado a cabo una experimentación en estimulación cardíaca. En este contexto, la estimulación magnética del corazón puede ser superior a la RCP o la estimulación eléctrica, porque ambos métodos aplican indeseablemente la estimulación total a todo el corazón de una vez.

25

Otra área en la que la estimulación magnética está demostrando ser efectiva es el tratamiento de la columna vertebral. La médula espinal es difícil de acceder directamente porque las vértebras lo rodean. La estimulación magnética se puede utilizar para bloquear la transmisión del dolor a través de los nervios de la espalda, por ejemplo, los responsables del dolor de la parte baja de la espalda.

30

La estimulación magnética también ha demostrado su eficacia en la estimulación de regiones del cerebro, que está compuesto predominantemente por tejido neurológico. Un área de particular interés es el tratamiento de la depresión. Se considera que más de 28 millones de personas solo en los Estados Unidos sufren algún tipo de trastorno neuropsiquiátrico. Estos incluyen afecciones tales como depresión, esquizofrenia, manía, trastorno obsesivo-compulsivo, trastornos de pánico y otros. La depresión es el “resfriado común” de los trastornos psiquiátricos, que se considera afectan a 19 millones de personas en los Estados Unidos y posiblemente a 340 millones de personas en todo el mundo.

35

40

La medicina moderna ofrece a los pacientes con depresión una serie de opciones de tratamiento, que incluyen varias clases de medicamentos antidepresivos (por ejemplo, SSRI, MAOI y tricíclicos), litio y terapia electroconvulsiva (ECT). Sin embargo, muchos pacientes permanecen sin un alivio satisfactorio de los síntomas de la depresión. Hasta la fecha, la ECT sigue siendo una terapia efectiva para la depresión resistente; sin embargo, muchos pacientes no se someterán al procedimiento debido a sus graves efectos secundarios.

45

Recientemente, se ha demostrado que la estimulación magnética transcraneal repetitiva (rTMS) tiene importantes efectos antidepresivos para los pacientes que no responden a los métodos tradicionales. El principio detrás de rTMS es aplicar una estimulación subconvulsiva a la corteza prefrontal de manera repetitiva, causando una despolarización de las membranas de las neuronas corticales. Las membranas se despolarizan mediante la inducción de pequeños campos eléctricos en exceso de 1 V/cm que son el resultado de un campo magnético que cambia rápidamente aplicado de forma no invasiva.

50

La creación del campo magnético ha sido variada. Ciertas técnicas describen el uso de una bobina para crear el campo magnético necesario. Otras técnicas contemplan el uso de un material de núcleo magnético de alto nivel de saturación, como permander de vanadio. Se ha demostrado que el uso del material del núcleo magnético, en comparación con la bobina o la denominada solución de núcleo “aire”, aumenta la eficacia del proceso de TMS. Por ejemplo, como se discute con referencia a la patente de los EE. UU. No. 5,725,471, el uso de un núcleo magnético en lugar de solo una bobina aumenta la eficiencia del proceso TMS al crear un campo magnético más grande y más enfocado con los mismos o menores requisitos de potencia de entrada.

55

60

Este avance ha permitido una solución más rentable que utiliza la energía existente de 120 voltios sin fuentes de alimentación complicadas y costosas. Además, debido a la necesidad de las mismas o menores entradas de energía, el núcleo magnético reduce significativamente el calentamiento indeseable que estaba asociado con la solución de bobina y creó un riesgo de seguridad para los pacientes. Por ejemplo, los dispositivos de núcleo

65

magnético en comparación con los dispositivos de solo bobina reducen la ruta de reluctancia magnética en un factor de dos. Esta reducción de reluctancia se traduce en una reducción de la corriente requerida para generar el mismo campo magnético por el mismo factor, y por lo tanto proporciona una reducción cuádruple en la potencia requerida.

5 Las alternativas de núcleo ferromagnético se fabrican típicamente laminando capas de acero al silicio o metal ferromagnético similar para formar la estructura del núcleo. Las capas se pueden construir apilando formas recortadas o enrollando una cinta de material sobre un mandril seguido de mecanizado y procesamiento adicional para obtener la geometría del núcleo deseada.

10 Mientras que las soluciones fabricadas usando estos núcleos ferromagnéticos ofrecieron una mejora notable sobre sus contrapartes de solo bobina, los núcleos ferromagnéticos también adolecen de ciertas complejidades en su construcción y limitaciones en su geometría. Específicamente, el método de construcción de capas apiladas no proporciona una alineación óptima de la estructura de cristal de metal con las líneas de flujo magnético y también requiere un proceso de laminación controlada para garantizar pérdidas mínimas de corrientes parásitas. El método  
15 de construcción de la cinta enrollada típicamente da como resultado un núcleo con una estructura en forma de arco o en forma de C que tiene un cierto radio y envergadura. Las dimensiones y la geometría de estos núcleos ferromagnéticos se seleccionan para garantizar la profundidad de penetración deseada, la forma del campo magnético y la magnitud del campo magnético apropiado en ciertas ubicaciones dentro de la anatomía del paciente.

20 El método de construcción del núcleo ferromagnético implica un proceso de construcción complejo y meticuloso que aumentó tanto la complejidad como el coste del núcleo. Por ejemplo, dado que el material ferromagnético es eléctricamente conductor, las corrientes parásitas se establecen en el material cuando se expone a un campo magnético que varía rápidamente. Estas corrientes de parásitas no solo calientan el material del núcleo a través del calentamiento resistivo, sino que también producen un campo magnético opuesto que disminuye el campo  
25 magnético primario. Para evitar estas pérdidas, las vías de la corriente parásita se rompen fabricando el núcleo a partir de capas muy delgadas o láminas de material ferromagnético que están eléctricamente aisladas entre sí.

30 Las láminas típicamente se barnizan individualmente o se recubren de otro modo para proporcionar aislamiento entre las láminas, evitando así que la corriente circule entre las láminas y resultando en la reducción de las pérdidas por corrientes parásitas. Además, las hojas están orientadas en paralelo al campo magnético para asegurar baja reluctancia.

35 El proceso de fabricación del núcleo enrollado comienza enrollando una cinta larga y delgada de material ferromagnético saturable, como permendur de vanadio o acero al silicio, en un mandril para crear el radio, espesor y profundidad deseados del núcleo. Cada lado de la cinta típicamente está recubierto con un delgado recubrimiento aislante para aislarlo eléctricamente. Una vez que la cinta se ha enrollado en el mandril a las dimensiones deseadas, se retira del mandril y se sumerge en epoxi para fijar su posición. Una vez que el epoxi se ha curado, se corta un sector del núcleo toroidal con una sierra de cinta y se retira, formando así la forma de arco deseada. Debido a que el proceso de corte puede reducir el aislamiento eléctrico de las laminaciones adyacentes, cada corte se tritura  
40 finamente para que quede liso, y luego se realiza un ataque ácido profundo. El grabado profundo se realiza sumergiendo cada uno de los extremos cortados en un baño de ácido. Esto elimina cualquier material ferromagnético que pueda estar cortocircuitando las laminaciones. Después del grabado profundo, las caras están recubiertas para evitar la oxidación y para mantener la forma y la integridad estructural del núcleo. El proceso de fabricación de cortar, revestir, alinear, unir y laminar las capas hace que el proceso de fabricación sea complejo y  
45 costoso. Además, estas consideraciones hacen que sea difícil cambiar o personalizar la forma de la estructura del núcleo.

50 Enrollar una bobina de cable aislado alrededor del núcleo ferromagnético para entregar la corriente necesaria para crear el campo magnético también es un proceso complejo y detallado. Una inductancia típica para un núcleo de este tipo es de aproximadamente 15-20 microHenries. Cada pasada del bobinado alrededor del núcleo debe hacerse a intervalos precisos en la estructura del núcleo. En la configuración más simple, cada núcleo tiene solo un bobinado, aunque típicamente el núcleo puede estar enrollado varias veces.

55 Aunque la presente forma y composición del núcleo ferromagnético funcionan bien, y ciertamente mejor que el enfoque de solo bobina, se debe apreciar que otras composiciones de núcleo y formas de núcleo pueden funcionar igualmente bien en otras circunstancias.

60 El documento US 2004/077923 A1 describe un núcleo magnético hecho de material flexible. El núcleo comprende un material ferromagnético compuesto hecho de un polvo ferromagnético relleno en una base de plástico. La base de plástico permite que el núcleo se deforme por un operador.

65 El documento EP 1145738 A2 describe un estimulador magnético que tiene una bobina de alambre litz para producir un campo magnético para el paciente. La bobina de alambre litz incluye un cable desnudo con una porción de conductor cubierta con una capa aislante, dos alambres litz, cada uno de los cuales consistía en siete alambres desnudos trenzados y cubiertos con una capa aislante.

El documento US 2004/122281 A1 da a conocer un despolarizado magnético que proporciona un impulso de campo magnético de alta intensidad o un tren de pulsos para la estimulación del cerebro o para la estimulación del nervio trigémino. El despolarizador magnético incluye un núcleo ferromagnético formado a partir de laminaciones delgadas.

5 Resumen

De acuerdo con la presente invención, se proporciona un sistema, método de fabricación y dispositivo como se define en las reivindicaciones independientes adjuntas. Las características preferidas adicionales se definen en las reivindicaciones dependientes adjuntas. El sistema de la invención incluye un dispositivo generador de campo magnético creado usando un ferromagnético en polvo. El sistema incluye además un circuito en comunicación eléctrica con el núcleo magnético y una fuente de potencia en comunicación eléctrica con el circuito. El núcleo de polvo ferromagnético puede fabricarse mediante al menos uno de los siguientes: maquinado, prensado, moldeo, pegado y extrusión. Además, el núcleo de polvo ferromagnético puede tener una estructura de espacio distribuido, donde la estructura de espacio funciona para enfocar el campo magnético entre las caras de polo del dispositivo magnético. El núcleo de polvo ferromagnético puede tener una cara polar sombreada, donde la cara polar comprende un canal cortado en la cara del polo con una vuelta en corto insertado en el canal. El núcleo de polvo ferromagnético puede comprender un material ferromagnético eléctricamente conductor tal como hierro o un material no ferromagnético tal como cobre, latón y/o aluminio, por ejemplo. Además, el sistema puede incluir un cable o conductor que se enrolla alrededor de una estructura de bobina que actúa para aislar el cable de la estructura del núcleo.

El método divulgado para tratar un paciente incluye crear un campo magnético usando un dispositivo magnético que tiene un núcleo de polvo ferromagnético no lineal y aplicar el campo magnético al paciente para tratar al paciente en función del campo magnético. El método además puede utilizar un núcleo de polvo ferromagnético que tiene una estructura de espacio distribuido que enfoca el campo magnético entre las caras de polo del dispositivo magnético a través de la estructura del núcleo del espacio distribuido. El núcleo de polvo ferromagnético puede incluir un material ferromagnético eléctricamente conductor tal como hierro y/o un material no ferromagnético tal como cobre, latón y aluminio.

30 Breve descripción de los dibujos

Las figuras 1 a 13 ilustran formas y configuraciones de núcleo de ejemplo, de acuerdo con la invención;

35 La figura 14 es un diagrama de flujo de un método para tratar a un paciente;

La figura 15 es un diagrama de bloques de un sistema para tratar a un paciente; y

La figura 16 es un diagrama de flujo de un método para fabricar un núcleo magnético para tratar a un paciente.

40 Descripción detallada

En una realización de la invención, se contempla una estructura de núcleo de separación distribuida, por ejemplo, una estructura de núcleo de separación de aire. Debe apreciarse que el núcleo de separación de aire se refiere a la estructura interna de un núcleo magnético, mientras que el "núcleos de separación" tratado en la sección de Antecedentes de la invención se refiere a un bobinado sin ningún núcleo magnético. Un tipo de estructura de núcleo de espacio de aire distribuido se crea dispersando partículas ferromagnéticas en polvo en una matriz de material aislante. Debe apreciarse que la invención no está limitada a un núcleo de polvo ferromagnético, sino que varias realizaciones pueden incluir cualquier estructura de núcleo hueco. La estructura del núcleo del espacio puede ser cualquier estructura en la que una o más partículas conductoras están aisladas (o casi aisladas) entre sí.

50 El uso de estructuras de núcleos de espacios distribuidos, como materiales de núcleos ferromagnéticos en polvo, reduce la fabricación compleja y la correspondiente carga de costes inherente en las estructuras laminadas. Además, debido al material aislante que separa las partículas ferromagnéticas en el material del núcleo, el núcleo es menos conductor y, como resultado, las pérdidas por corrientes parásitas son mínimas. Más específicamente, los espacios no conductores pueden impedir el flujo de corriente de una partícula ferromagnética a la siguiente, y así reducir el flujo de corriente general en el núcleo. Debido a que las corrientes de parásitas son el resultado del flujo de corriente conductivo en materiales magnéticos como el núcleo, la reducción del flujo conductivo sirve para reducir las corrientes de parásitas. Como resultado de las corrientes de parásitas reducidas, la estructura del núcleo del espacio distribuido produce incluso menos calor que las estructuras del núcleo ferromagnético de su contraparte.

60 Por lo tanto, se pueden utilizar mayores niveles de potencia y corriente para impulsar las bobinas fabricadas con un núcleo de espacio distribuido sin preocuparse por el calentamiento que puede ser excesivo para un paciente sometido a tratamiento. Además, estos niveles de potencia más altos se pueden lograr sin la necesidad de sistemas de refrigeración sofisticados, típicos de las soluciones de núcleos de "separación". Además, estos niveles de accionamiento de potencia más elevados pueden impulsar los núcleos de separación distribuidos más cerca de su nivel de saturación para obtener una mayor intensidad de campo magnético, sin preocuparse por el consiguiente

calentamiento indeseable. De hecho, en algunas realizaciones, el calentamiento debido a pérdidas resistivas en los bobinados puede ser mayor que el generado por calor dentro del material de núcleo de separación distribuido. En otras palabras, las características de calentamiento de los bobinados pueden proporcionar las únicas preocupaciones reales de calentamiento para el uso del paciente.

5 La reducción de las pérdidas por corrientes parásitas y la reducción concomitante en la generación de calor permite el funcionamiento del núcleo magnético a ciclos de trabajo proporcionalmente más elevados. Desde la perspectiva de la aplicación médica, se puede lograr una terapia relativamente mayor y más intensa, lo que puede ser beneficioso para ciertas aplicaciones. Además de su temperatura reducida inherente, el núcleo puede estar  
10 adicionalmente encerrado en una estructura que mejora aún más su rendimiento térmico. Por ejemplo, encapsulando el núcleo en una carcasa, el calor puede dirigirse a una superficie deseable para la radiación al aire circundante. Dicha superficie puede, por ejemplo, ubicarse lejos de las superficies que tocan a un paciente o al operador.

15 También se pueden agregar espacios de aire y aislamiento térmico entre los bobinados u otros materiales generadores de calor para aislarlos de las superficies que pueden entrar en contacto con un paciente, por ejemplo. Típicamente, estas superficies deben mantenerse a 41,5 grados Celsius o por debajo de esta para cumplir con los estándares de dispositivos médicos, bien conocidos por los expertos en la materia.

20 También debe apreciarse que el flujo de corriente reducido y la pérdida de corriente parásita obtenidos con la estructura del núcleo de separación distribuida no se encuentran en los núcleos creados por un proceso de sinterización. Esto se debe, en parte, a que el proceso de sinterización opera para volver a colocar las partículas de polvo de hierro aisladas en conductividad eléctrica entre sí, y así promover el flujo de corriente y las mayores pérdidas por corrientes parásitas.

25 El material aislante puede ser cualquier material que ofrezca un nivel diferente de permeabilidad e inductancia en comparación con las partículas ferromagnéticas. Al introducir un espacio aislante, la ruta del flujo magnético se incrementa, reduciendo así la permeabilidad y la inductancia del material del núcleo. Puede ser deseable tener un núcleo con una permeabilidad mayor a 1. Además, debido a que la brecha distribuida reduce las corrientes parásitas, hay menos distorsiones de flujo. Esta estructura isotrópica relativamente mayor proporciona un flujo distribuido más uniformemente y facilita estructuras centrales más complejas y sofisticadas.

30 El polvo ferromagnético utilizado para hacer el núcleo puede estar hecho de partículas que tienen menos de 0,05 pulgadas de diámetro. Aunque debe apreciarse que las partículas pueden ser de cualquier tamaño en las realizaciones contempladas, debe apreciarse que la dimensión de partícula específica está relacionada con la frecuencia a la que el núcleo debe operar. Por ejemplo, si el núcleo debe pulsarse a una frecuencia más alta, puede ser deseable utilizar partículas con una dimensión más pequeña. Las partículas ferromagnéticas pueden variar en tamaño y pueden no ser esféricas, sino más bien de forma irregular. En cualquier caso, debe apreciarse que puede seleccionarse un tamaño de partícula específico para reducir las pérdidas resultantes de las corrientes parásitas y las pérdidas de histéresis dentro de partículas individuales.

35 Además, aunque la invención no se limita a ninguna formación particular, se debe apreciar que las partículas ferromagnéticas individuales se pueden formular a partir de hierro, aleaciones de hierro y amalgamas de otros materiales conductores o parcialmente conductores. Además, la composición del material de las partículas puede incluir metales no ferrosos tales como cobre, latón, aluminio y elementos de aleación tales como carbono, silicio, níquel y cromo formulados para crear la estructura cristalina deseada y las características magnéticas deseadas. Las características de la saturación, la permeabilidad y la curva B-H varían dependiendo de esta formulación seleccionada. Además, las partículas ferromagnéticas pueden recubrirse con una resina no conductora para, entre otras cosas, evitar la oxidación mientras se almacenan antes de que las partículas recubiertas se formen en la  
40 estructura deseada en el proceso de fabricación del núcleo.

45 Las realizaciones divulgadas incluyen un método para fabricar un dispositivo de núcleo magnético, por ejemplo, un dispositivo de núcleo ferromagnético en polvo. El método incluye seleccionar ciertos materiales ferromagnéticos en polvo. Los materiales se mezclan y comprimen para formar el núcleo. El polvo puede comprimirse en un molde que tiene la forma final del núcleo. Alternativamente, los bloques de material comprimido se pueden fabricar y mecanizar posteriormente a la geometría deseada. Además, las piezas componentes moldeadas o mecanizadas por separado pueden montarse mecánicamente en la geometría del núcleo final usando cemento, calentamiento o unión por otros medios mecánicos. El núcleo de polvo ferromagnético se puede producir mediante cualquiera de varios procesos. Por ejemplo, la corriente de hierro fundido puede ser atomizada por un chorro de agua a alta presión.

50 Las partículas ferromagnéticas pueden recubrirse con cualquier sustancia apropiada. Por ejemplo, las partículas ferromagnéticas pueden recubrirse con una sustancia aislante, como silicato de metal alcalino, por ejemplo. La sustancia aislante proporciona aislamiento entre cada una de las partículas en el núcleo, y así crea el núcleo del espacio distribuido. En una realización, se usa una solución acuosa de silicato de metal alcalino que contiene hasta  
55 39% en peso de sólidos de  $K_2O$  y  $SiO_2$ , y hasta 54% en peso de sólidos de  $Na_2O$  y  $SiO_2$ . Puede añadirse un agente

humectante o tensioactivo, como alquil fenoxi polietoxietanol, por ejemplo, para facilitar el recubrimiento uniforme de las partículas.

5 Las sustancias apropiadas se mezclan y se pueden secar en la superficie al mismo tiempo. Se puede aplicar un recubrimiento delgado de una resina adherente a las partículas ferromagnéticas. Tales resinas pueden incluir poliimidadas, fluorocarbonos y acrílicos. La resina permite que las partículas permanezcan flexibles y, por lo tanto, sean capaces de soportar altas temperaturas sin descomponerse en residuos conductores.

10 Para formar el núcleo, el polvo se comprime. La compresión puede ser aproximadamente del orden de 25 a 100 toneladas por pulgada cuadrada. Se puede utilizar una forma para crear el diseño deseado. Los componentes prensados pueden recocerse, por ejemplo, a entre 500 y 600 grados Celsius para aliviar las tensiones y reducir las pérdidas por histéresis.

15 Si el polvo ferromagnético se va a utilizar para el núcleo magnético en una aplicación de este tipo, las partículas se pueden aislar entre sí, por ejemplo, con una separación de entre el 1% y el 3% entre las partículas. Aunque este es solo un ejemplo. Cuando el polvo ferromagnético en bruto se comprime hasta 100 toneladas por pulgada cuadrada y no se sinteriza, la densidad permanece 1% o 2% por debajo de la densidad real de hierro sólido, debido a grietas residuales o intersticios que permanecen vacíos o se rellenan con resina de menor densidad. Como resultado, el polvo ferromagnético se puede comprimir hasta aproximadamente el 90% de la densidad teórica o mejor para tener un espacio de aire distribuido que contiene aislamiento inferior al 3% en cada una de las tres direcciones ortogonales, una de las cuales es la de la trayectoria de flujo. En cualquiera de las realizaciones, el núcleo magnético puede ser una composición que permite que el núcleo se sature a 0.5 Tesla o más, por ejemplo.

25 Durante el proceso de fabricación, las partículas ferromagnéticas individuales en el polvo se pueden mezclar con un material de unión, por ejemplo, fenólico o epoxi. El polvo ferromagnético puede luego presionarse hasta su forma final. A continuación, se puede implementar un proceso de cocción o calentamiento para curar el material del núcleo. Después de que el núcleo ha sido curado, las partículas ferromagnéticas pueden separarse mediante aire o material de unión aislante que da como resultado de manera efectiva un espacio distribuido. Como resultado, la separación se distribuye por todo el núcleo.

30 El dispositivo y las técnicas novedosas pueden usarse para muchos fines, incluido el tratamiento de pacientes con afecciones médicas. Esta aplicabilidad se discutirá en el contexto de TMS para proporcionar una mayor comprensión. Sin embargo, debe apreciarse que las técnicas tienen aplicabilidad más allá de TMS también se contemplan en la invención.

35 En una sola realización, se contempla un método para tratar a un paciente creando un campo magnético usando un dispositivo magnético que tiene un núcleo no lineal. Como se discutirá con referencia a las figuras 1-13, el núcleo puede asumir diferentes formas y tamaños. Las formas y tamaños pueden variar según el área particular de la anatomía del paciente que necesita tratamiento, así como también el área externa del paciente en la que se puede colocar el imán. Por ejemplo, en una sola realización, el núcleo puede tener una estructura en forma de U que facilita colocar el núcleo muy cerca de la cabeza de un paciente con el fin de tratar el cerebro con campos magnéticos pulsados para el tratamiento de la depresión. Esto se puede lograr, por ejemplo, estimulando tejido (por ejemplo, tejido cerebral), nervios y/o músculo, por ejemplo, desde un área relativamente próxima a la superficie cutánea y el área de tratamiento.

45 Además, el núcleo utilizado para tratar al paciente puede ser un núcleo de separación distribuido y más específicamente un núcleo de polvo ferromagnético. Como se discutió, las realizaciones no están limitadas a ninguna composición, sino que contemplan cualquier composición de material que efectivamente cree una estructura de núcleo de separación distribuida. Además, las realizaciones contemplan cualquier tipo de estructuras de núcleo, que incluyen ferromagnéticas, donde la forma de la estructura de núcleo tiene una estructura no en forma de arco. Por ejemplo, las realizaciones contemplan el uso de un material de núcleo no sinterizado. Además, otras formas de realización contemplan un núcleo de polvo ferromagnético con forma no lineal.

50 El campo magnético que pasa a través del núcleo se puede aplicar al paciente con el fin de tratar o diagnosticar al paciente. Las realizaciones no están limitadas a un nivel o intensidad específica del campo magnético, sino que contemplan cualquier intensidad de campo, foco y duración necesarios para tratar o diagnosticar al paciente deseado.

55 Un sistema novedoso puede incluir un dispositivo generador de campo magnético creado usando un núcleo ferromagnético en polvo, un circuito en comunicación eléctrica con el núcleo magnético, y siendo conducido por una fuente de potencia en comunicación eléctrica con el circuito.

60 Se puede proporcionar una fuente de potencia para que el núcleo genere el campo magnético requerido. La fuente de potencia puede estar en comunicación eléctrica con los bobinados enrollados alrededor de una parte del núcleo. La fuente de potencia puede crearse para proporcionar una potencia sustancialmente constante o una fuente de corriente sustancialmente constante. Por ejemplo, la fuente de potencia puede proporcionar una potencia

sustancialmente constante o una fuente de corriente sustancialmente constante a un condensador, que luego se descarga al núcleo para crear el campo magnético.

5 La fuente de potencia puede funcionar con un voltaje de entrada de corriente alterna en el rango de 85 voltios a 264 voltios. De esta forma, el dispositivo de la invención puede operar utilizando energía típicamente disponible en entornos residenciales y comerciales.

10 Finalmente, se divulga un método para tratar la depresión. Como parte del método, se selecciona un paciente que padece un trastorno depresivo. El cerebro del paciente se estimula magnéticamente utilizando un estimulador magnético transcraneal con un núcleo magnético. El núcleo puede ser un núcleo ferromagnético que tiene una estructura en forma de U y/o una estructura de núcleo con separación distribuida que tiene cualquier forma y estructura de núcleo.

15 Debería apreciarse que el uso de núcleo de polvo ferromagnético hace más factibles muchas geometrías de núcleo posibles. De hecho, el proceso de fabricación del núcleo del espacio distribuido (por ejemplo, núcleo de polvo ferromagnético) permite que la geometría del núcleo tenga una serie de posibilidades. Se puede hacer que la forma y el tamaño precisos de la geometría del núcleo varíen dependiendo de varios factores. Por ejemplo, aunque no es una lista excluyente de consideraciones, se puede considerar lo siguiente a la hora de decidir sobre el tamaño y la geometría del núcleo: el uso del núcleo, el área de montaje disponible y el volumen, la radiación permisible, las limitaciones de bobinados, temperatura de funcionamiento y cómo se montará el núcleo. En consecuencia, la forma geométrica de un núcleo puede tomar cualquier forma, incluyendo un cilindro, una bobina, un toroide, un no toroide u otras formas posibles.

25 Además, también debe apreciarse que el proceso de fabricación de polvo ferromagnético facilita la construcción del núcleo como múltiples componentes o piezas. Los núcleos de polvo ferromagnético de varias piezas, cada pieza hecha de material magnético similar o diferente, se pueden utilizar para formas extremadamente complejas o construcciones de núcleo más grandes. Estas piezas individuales, de permeabilidades diferentes o similares, se pueden unir mediante pegado y/o cualquier otra técnica de unión bien conocida por los expertos en la técnica. Esto se facilita, en parte, debido a la facilidad de fabricación y conformación del núcleo proporcionada por el proceso del núcleo del polvo.

30 Además, el proceso de fabricación del núcleo de polvo también facilita el uso de otros materiales para dar forma al campo magnético proporcionado por la estructura del núcleo. Por ejemplo, puede ser deseable desviar o redirigir una cierta porción del campo magnético creado lejos de ciertas partes de la anatomía. Por ejemplo, para la estimulación cerebral, puede ser deseable proteger el nervio trigémino para que no sea estimulado y cause incomodidad al paciente. Esto se puede lograr usando cualquier cantidad de técnicas.

35 Una técnica de ejemplo ubica a un conductor en un área de tratamiento relativa al área protegida. El conductor puede actuar para reducir la estimulación de un área cutánea próxima al paciente. Esto se puede lograr modificando un campo eléctrico o magnético creado por la estimulación transcutánea. Además, se puede lograr mediante la modificación del campo eléctrico a través de la modificación del flujo magnético creado por la estimulación transcutánea.

40 Las figuras 1 a 13 proporcionan varios ejemplos de formas y configuraciones de núcleo que son facilitadas por las realizaciones contempladas. Sin embargo, debe apreciarse que las figuras 1 a 13 no se proporcionan con el fin de detallar cada forma y configuración posibles contempladas por la invención. En cambio, las figuras simplemente proporcionan ciertos ejemplos para ayudar en la comprensión de solo algunas de las realizaciones contempladas.

45 En general, se puede observar que los núcleos magnéticos mostrados en las figuras 1 a 13 esencialmente comprenden tres secciones. Aunque los núcleos pueden no tener que construirse por separado en tres de tales secciones, describir su forma como tal facilita una mayor discusión de la forma y, por lo tanto, no pretende ser limitante de ninguna manera.

50 La figura 1 se usará para analizar las características del núcleo. Como se muestra en la figura 1, un núcleo 100 incluye una primera sección 101, una segunda sección 102 y una tercera sección 103. En el contexto de la figura 1, que es una forma de U cuadrada, la segunda sección 102 sirve como un puente que conecta la primera sección 101 y la tercera sección 103, que sirven como postes o polos para la forma de U. La primera sección 101 se une con la segunda sección 102 en ángulo recto. De forma similar, la tercera sección 103 se une con la segunda sección 102 en ángulo recto. Se debe apreciar que estas secciones se pueden fabricar como una parte completa prensada, o se pueden prensar individualmente y luego ensamblar para formar la forma de U.

55 Como se muestra en las figuras 2 a 13, se representan otras formas y configuraciones que pueden ser modificaciones o alteraciones menores en la figura 1. Por ejemplo, como se muestra en la figura 2, cualquiera de los extremos de la primera, segunda y/o tercera sección puede estar en ángulo o achaflanado. Dichos ángulos o achaflanado se pueden lograr usando cualquier valor tal, por ejemplo, usando un ángulo de 45 grados. Tales modificaciones en la forma de la cara de polo son utilizadas por los expertos en la técnica para redirigir y optimizar la

distribución espacial del campo magnético para la aplicación prevista. Además, las secciones en ángulo pueden tener forma de arco como se muestra en la figura 3.

Los ángulos pueden hacerse para ambos extremos de esquina del núcleo como se muestra en la figura 2, o en solo uno de los extremos de esquina del núcleo como se muestra en la figura 13. De forma similar, los ángulos pueden estar hechos en los extremos opuestos con respecto a los extremos arrinconados, como se muestra en la figura 5. Alternativamente, los ángulos representados en la figura 5 puede tener forma de arco o suavizado, como se muestra en las figuras 4 y 6. Además, la primera y la tercera secciones pueden tener forma de L, como se muestra en la figura 7 con una segunda sección lineal, o como se muestra en la figura 8 con una segunda sección en forma de arco.

Como se muestra en la figura 9, el núcleo magnético puede ser un núcleo en forma de arco que tiene un alambre enrollado alrededor de cualquier porción de su eje. Alternativamente, como se muestra en las figuras 10 y 11, el núcleo puede ser una estructura de forma lineal que tiene extremos perpendiculares o biselados con respecto a su eje principal. En ambos casos, un cable puede ser enrollado alrededor de cualquier parte de su eje. El alambre enrollado puede ser un cable sencillo y/o múltiples cables en paralelo eléctricamente. El cable puede incluir una lámina metálica de material conductor con o sin aislamiento, y/o un cable magnético extruido con o sin aislamiento. Además, como se muestra en la figura 12, el núcleo puede tener más de 2 polos con bobinados alrededor de uno o más de los polos.

Se debe apreciar que la construcción, el tamaño y la forma del núcleo se pueden hacer para que dependan de cómo se instalarán los bobinados en el componente del núcleo. Por ejemplo, ciertas formas de realización contemplan bobinados que están enrollados directamente alrededor y/o sobre el núcleo. Además, otras formas de realización pueden incluir bobinados que se enrollan en un manguito o bobina que se desliza sobre una parte del núcleo, o se enrollan en un mandril, se colocan en una carcasa y se retiran para su ensamblaje posterior sobre el núcleo. Debe apreciarse que ciertas realizaciones pueden incluir una combinación de estos enfoques. Se puede cortar un canal en la cara del poste para permitir la instalación de bobinados o cables. Por ejemplo, una vuelta en corto se puede insertar en el canal y conectar juntos fuera del canal.

El cable utilizado para los bobinados puede aislarse para evitar que las vueltas adyacentes estrechamente enrolladas se cortocircuiten. En el contexto de bobinados enrollados directamente, el alambre puede ser de un calibre tal que impida que el núcleo corte a través del aislamiento, por ejemplo, con superficies o bordes afilados. Por lo tanto, para acomodar tales núcleos directamente enrollados, el núcleo puede tener una superficie de enrollamiento suave, o en algunos casos puede proporcionar un radio de esquina para acomodar las vueltas.

La bobina puede ser una estructura que incluye una única bobina o múltiples bobinas. La bobina puede proporcionar propiedades de aislamiento con respecto al resto del núcleo, así como proporcionar capacidades de operación y seguridad. El cable puede enrollarse alrededor de las caras de polo del núcleo. Cuando el cable está enrollado alrededor de dos o más polos, el número de vueltas del bobinado puede ser igual entre ambos polos. Además, el cable puede enrollarse alrededor de un punto central del núcleo, en lugar de, o además de, enrollarse alrededor de las caras de polo del núcleo. Cuando está enrollado alrededor de ambos, el número de vueltas del bobinado alrededor de las caras del polo puede ser una fracción del número de vueltas alrededor del punto central del núcleo.

Nuevamente, debe apreciarse que la fabricación de un núcleo presionando polvo ferromagnético en un molde permite una gama diversa de formas de núcleo y, por lo tanto, soluciones de bobinado más variadas. Por ejemplo, en una realización de un núcleo de hueco distribuido, se puede utilizar más fácilmente una bobina para prefabricar con precisión y colocar el arrollamiento en el núcleo.

Las figuras 1B, 2B y 3B ilustran cómo uno o más cables pueden enrollarse alrededor de al menos una parte del núcleo magnético. Como se muestra en las figuras 1B, 2B y 3B, los bobinados pueden enrollarse alrededor de la primera y tercera secciones del núcleo. Dicho bobinado puede ser un único bobinado enrollado alrededor de la primera y tercera secciones, o dos o más bobinados individuales cada uno enrollado alrededor de la primera y tercera secciones. Alternativamente, como se muestra en las figuras 1A, 2A y 3A, el bobinado puede enrollarse alrededor de la segunda sección del núcleo. Nuevamente, el bobinado del núcleo puede ser un único bobinado o múltiples bobinados.

La figura 14 es un diagrama de flujo de un método para tratar a un paciente. Como se muestra en la figura 14, en 1401 se crea un campo magnético usando un dispositivo magnético de núcleo de espacio distribuido. En 1402, el dispositivo magnético se coloca cerca de un área cutánea en el paciente, por ejemplo, cerca de la cabeza del paciente. En 1403, se estimula una porción de la anatomía del paciente que se desea tratar (por ejemplo, cerebro). En 1404, el campo magnético se aplica al paciente. En 1405, el paciente es tratado, por ejemplo, para la depresión, incontinencia y control de peso, con el campo magnético. Otros tipos de condiciones también pueden tratarse usando estas técnicas. Estos pueden incluir, entre otros, tratar el sistema nervioso periférico y rehabilitar el músculo del paciente.



También debe apreciarse que las técnicas descritas pueden usarse adicionalmente para diagnosticar directamente el estado de un paciente. Además, las técnicas se pueden utilizar para diagnosticar una respuesta a medicamentos u otra terapia y/o para cuantificar la efectividad de tales terapias. En uno solo de muchos ejemplos posibles, los productos farmacéuticos pueden tener efectos (es decir, directos o secundarios) en el rendimiento del sistema nervioso central. Estos efectos pueden observarse proporcionando estimulación (por ejemplo, TMS) y observando potenciales evocados, respuesta motora, velocidades de conducción u otras respuestas, solo para nombrar algunos de los muchos efectos observados contemplados. Los cambios en la respuesta se pueden utilizar para cuantificar el rendimiento o para determinar la dosificación óptima, por ejemplo.

Además, muchas patologías pueden diagnosticarse utilizando las técnicas descritas como una herramienta de investigación para observar la respuesta neurológica. Dichas patologías incluyen, pero no se limitan a, enfermedades degenerativas, grado de lesión traumática, progresión de enfermedades, deficiencias sistémicas y anomalías congénitas (por ejemplo, tinnitus). Una lista parcial de tales condiciones se proporciona aquí para los propósitos de una mayor comprensión. Sin embargo, el alcance de las realizaciones descritas no está limitado a esta lista. Estos incluyen el efecto de evaluación o medición de productos farmacéuticos, incluyendo anticonvulsivos, medicamentos para la enfermedad de Alzheimer, antipsicóticos, medicamentos para el dolor, ansiolíticos, hipnóticos (sedantes), analgésicos (centrales), medicamentos para el AD-HD y, anestésicos. Algunas de las aplicaciones de diagnóstico contempladas incluyen función motora comprometida, enfermedades degenerativas (por ejemplo, Alzheimer, Parkinson, esclerosis amiotrófica lateral), esclerosis múltiple, neuropatía diabética, neuropatía desmielinizante crónica, neuropatía desmielinizante aguda, epilepsia, deficiencia de vitamina B12 (por ejemplo, anemia perniciosa), deficiencia de vitamina E, neurosarcoidosis, tinnitus y rehabilitación de apoplejía.

Otros trastornos también pueden tratarse con las técnicas descritas que incluyen tratar a un paciente tal como un ser humano que padece trastorno depresivo mayor, epilepsia, esquizofrenia, enfermedad de Parkinson, síndrome de Tourette, esclerosis lateral amiotrófica (ELA), esclerosis múltiple (EM), enfermedad de Alzheimer, trastorno de déficit de atención/hiperactividad, obesidad, trastorno bipolar/manía, trastornos de ansiedad (trastorno de pánico con y sin agorafobia, fobia social también conocida como trastorno de ansiedad social, trastorno de estrés agudo, trastorno de ansiedad generalizada), trastorno de estrés postraumático (uno de trastornos de ansiedad en DSM), trastorno obsesivo compulsivo (uno de los trastornos de ansiedad en DSM), dolor (migraña, neuralgia del trigémino) (también: trastornos de dolor crónico, incluyendo dolor neuropático, por ejemplo, dolor debido a neuropatía diabética, neuralgia post herpética, y trastornos de dolor idiopático, por ejemplo, fibromialgia, síndromes de dolor miofascial regional), rehabilitación después de accidente cerebrovascular (inducción de neuro plasticidad), tinnitus, estimulación de neuronas implantadas para facilitar la integración, trastornos relacionados con sustancias (dependencia y abuso y diagnósticos de abstinencia de alcohol, cocaína, amfetamina, cafeína, nicotina, cannabis), lesión y regeneración/rehabilitación de la médula espinal, traumatismo craneoencefálico, reversión de la privación del sueño trastornos primarios del sueño (insomnio primario, hipersomnia primaria, trastorno del sueño del ritmo circadiano), mejoras cognitivas, demencias, trastorno disfórico premenstrual (SPM), sistemas de administración de fármacos (cambio de la permeabilidad de la membrana celular a un fármaco), inducción de la síntesis de proteínas (inducción de la transcripción y traducción), tartamudeo, afasia, disfagia, temblor esencial o trastornos de la alimentación (bulimia, anorexia, atracones).

El método además puede incluir determinar el denominado "umbral motor" del paciente. Más específicamente, el dispositivo magnético puede moverse sobre un área particular hasta que se proporcione alguna indicación de posicionamiento. Por ejemplo, en el contexto de la estimulación magnética del cerebro, el dispositivo magnético puede moverse sobre la cabeza del paciente hasta que el pulgar del paciente se mueva o se sacuda, indicando un punto de umbral motor. Esta determinación del umbral del motor puede ser a una frecuencia similar o diferente, por ejemplo, usando una tasa de frecuencia de estimulación de 1 Hz.

A partir de este punto, el dispositivo magnético puede moverse a la ubicación de tratamiento deseada. Por ejemplo, para el tratamiento TMS del cerebro, el dispositivo magnético puede ubicarse aproximadamente a 5 centímetros anteriormente del punto de umbral motor. Durante el tratamiento con TMS, en algunas realizaciones, la salida del estimulador puede ajustarse a aproximadamente el 110% del umbral motor relajado con tal vez una tasa de repetición de aproximadamente 10 Hz.

La figura 15 es un diagrama de bloques de un sistema para tratar a un paciente. Como se muestra en la figura 15, un sistema 1500 para tratar a un paciente incluye un dispositivo 1501 generador de campo magnético. El dispositivo 1501 de generación de campo magnético puede tener una estructura de núcleo de separación distribuida. Además, un circuito 1502 está en comunicación eléctrica con el dispositivo generador de campo magnético.

El circuito puede actuar como un interruptor para pulsar el dispositivo generador de campo magnético de tal manera que se trate la condición deseada. De esta forma, el campo magnético se puede aplicar al paciente en ciclos intermitentes. La frecuencia o frecuencia de estimulación exacta en la que se pulsa el imán puede variarse dependiendo de la aplicación particular (por ejemplo, tamaño del imán y área de estimulación). Por ejemplo, en algunas realizaciones, puede ser deseable estimular durante un período de cinco segundos, seguido de reposo durante un período de cinco segundos y luego repetir la estimulación continuamente durante otros cinco segundos. Mientras están siendo estimulados, es deseable que los grupos musculares se exciten continuamente. Este requisito

establece la necesidad de continuar pulsando los núcleos a una tasa de repetición de 15 Hz. Debido a las grandes corrientes involucradas durante cualquier disparo del núcleo, es necesario hacer que los núcleos sean lo más eficientes posible. Es deseable enfocar el campo magnético en la región seleccionada para el estímulo con exclusión de las regiones circundantes. Los núcleos especialmente diseñados que ofrece esta invención se dan cuenta de que se pueden enfocar.

Además, una fuente 1503 de potencia puede estar en comunicación eléctrica con el circuito. La fuente de potencia puede proporcionar corriente continua (cd) o corriente alterna (ca). Además, los niveles de potencia pueden ser consistentes con los disponibles en entornos residenciales y comerciales.

La figura 16 es un diagrama de flujo de un método para fabricar un núcleo magnético para tratar a un paciente. Como se muestra en la figura 16, en 1601, las partículas ferromagnéticas se seleccionan con un revestimiento aislado. En 1601, las partículas ferromagnéticas se mezclan y en 1602, las partículas ferromagnéticas se forman en una estructura de núcleo. En 1604, un conductor (por ejemplo, un cable) se enrolla alrededor de la estructura del núcleo. En 1605, una fuente de potencia está conectada a la estructura central.

Aunque no se muestra con fines de brevedad, debe apreciarse que se pueden aplicar configuraciones de arrollamiento similares a cualquiera de las formas de núcleo posibles, ilustradas en las figuras o de otro modo. La descripción en este documento con respecto a las configuraciones de formas y bobinado del núcleo se ha proporcionado para facilitar la discusión y la comprensión de las muchas formas y configuraciones posibles que están dentro del alcance de las realizaciones contempladas. Del mismo modo, se debe apreciar que estas formas y configuraciones son igualmente aplicables a cualquier tipo de núcleo magnético utilizado para tratar y/o diagnosticar a un paciente, incluidos, entre otros, polvo prensado, sinterizado, bobinado y estructuras de núcleo de "espacio" o solo bobina.

Debe entenderse que las realizaciones ilustrativas anteriores se han proporcionado meramente con el propósito de explicación y de ninguna manera deben interpretarse como limitativas de la invención. Las palabras utilizadas en este documento son palabras de descripción e ilustración, en lugar de palabras de limitación. Además, las ventajas y los objetivos descritos en este documento pueden no realizarse por todas y cada una de las realizaciones que practican la presente invención. Además, aunque la invención se ha descrito en la presente memoria con referencia a una estructura, materiales y/o realizaciones particulares, no se pretende que la invención se limite a los detalles divulgados en este documento.

Por ejemplo, aunque una gran parte de la discusión se basó en el uso de una estructura de núcleo de espacio distribuido en polvo prensado, debería apreciarse que las realizaciones contempladas incluyen el uso de cualquier estructura de núcleo de espacio, incluyendo "núcleos de separación", no sinterizado, y otras estructuras de núcleo ferromagnético, por ejemplo. Además, aunque se han descrito aquí ciertas formas y configuraciones de núcleo, debe apreciarse que las formas se proporcionan meramente para proporcionar una comprensión de las muchas formas de núcleo contempladas por las realizaciones.

Adicionalmente, aunque la divulgación se refiere al tratamiento de pacientes, se debe apreciar que las técnicas descritas en este documento también contemplan el diagnóstico del paciente. De hecho, cuando la divulgación se refiere al tratamiento de pacientes para ciertas afecciones, las técnicas se aplican por igual a la monitorización y el diagnóstico de pacientes para las mismas condiciones o similares.

Los expertos en la técnica, que tienen el beneficio de las enseñanzas de esta memoria descriptiva, pueden afectar numerosas modificaciones a la misma y se pueden hacer cambios sin apartarse del alcance y el espíritu de la invención.

**REIVINDICACIONES**

1. Un dispositivo para tratar a un paciente que usa estimulación magnética transcraneal, TMS, que comprende:
- 5 un núcleo magnético que comprende partículas ferromagnéticas que están aisladas entre sí, en el que las partículas ferromagnéticas comprenden un material en polvo ferromagnético; y
- un conductor en comunicación eléctrica con el núcleo.
- 10 2. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el núcleo tiene una permeabilidad superior a 1.
3. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el núcleo se fabrica mediante al menos uno de los siguientes: mecanizado, prensado, moldeo, pegado o extrusión.
- 15 4. El dispositivo de la reivindicación 1, en el que el núcleo está fabricado por al menos uno de los siguientes: pegar o unir estructuras de núcleo individuales.
5. El dispositivo de la reivindicación 1, en el que el núcleo tiene caras de polo magnético y en el que el núcleo enfoca el campo magnético entre dichas caras polares.
- 20 6. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el núcleo tiene una cara polar.
7. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 6, en el que la cara polar comprende un canal cortado en la cara del polo con una vuelta en corto insertado en el canal y conectado juntos fuera del canal.
- 25 8. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1, en el que las partículas ferromagnéticas comprenden un material ferromagnético eléctricamente conductor.
9. El dispositivo de la reivindicación 1, en el que las partículas ferromagnéticas incluyen al menos uno de los siguientes: hierro, cobre, latón o aluminio.
- 30 10. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el conductor está bobinado alrededor de una estructura de bobina.
- 35 11. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 10, en el que la estructura de bobina es una única bobina.
12. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 10, en el que la estructura de la bobina comprende múltiples bobinas.
- 40 13. El dispositivo de la reivindicación 10, en el que la estructura de la bobina aísla al conductor de la estructura del núcleo.
14. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el núcleo tiene caras de polo y en el que el conductor está bobinado alrededor de las caras de polo del núcleo.
- 45 15. El dispositivo de la reivindicación 14, en el que el número de vueltas del bobinado es igual entre ambos polos.
16. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el conductor está bobinado alrededor de un punto central del núcleo.
- 50 17. El dispositivo de la reivindicación 1, en el que las partículas ferromagnéticas se forman en una forma de núcleo no lineal.
18. Un sistema para tratar a un paciente, que comprende:
- 55 un dispositivo para tratar a un paciente que usa estimulación magnética transcraneal de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 17;
- un circuito en comunicación eléctrica con el dispositivo generador de campo magnético; y
- 60 una fuente de poder en la comunicación eléctrica con el circuito.
19. El sistema de la reivindicación 18, en el que el conductor está bobinado alrededor de las caras de polo del núcleo y un punto central del núcleo.
- 65

20. El sistema de la reivindicación 19, en el que el número de vueltas del arrollamiento alrededor de las caras de polo es una fracción del número de vueltas alrededor del punto central del núcleo.
- 5 21. El sistema de la reivindicación 18, en el que el conductor comprende múltiples cables en paralelo eléctricamente.
22. El sistema de la reivindicación 18, en el que el conductor comprende una lámina metálica de material conductor.
23. El sistema de la reivindicación 18, en el que el conductor comprende un cable de imán extruido.
- 10 24. El sistema de la reivindicación 18, en el que la fuente de potencia es una tensión de entrada de corriente alterna en el rango de 85 a 264 voltios.
25. El sistema de la reivindicación 18, que comprende además aislamiento térmico entre el dispositivo magnético y una superficie exterior.
- 15 26. El sistema de la reivindicación 18, que comprende además un dispositivo de radiación en contacto con el dispositivo magnético para dirigir el calor lejos del dispositivo magnético.
- 20 27. Un método para fabricar un núcleo magnético para tratar a un paciente que usa estimulación magnética transcraneal, TMS, comprendiendo el método:
- seleccionar partículas ferromagnéticas, cada partícula tiene un recubrimiento aislado; y
- mezclar las partículas ferromagnéticas con un material de unión; y formando las partículas ferromagnéticas en un núcleo, donde las partículas ferromagnéticas están aisladas entre sí
- 25 28. El método de la reivindicación 27, que comprende adicionalmente seleccionar las partículas ferromagnéticas de manera que el núcleo tenga una permeabilidad mayor que 1.
- 30 29. El método de la reivindicación 27, que comprende además crear el núcleo ferromagnético mediante al menos uno de los siguientes procesos: mecanizado, prensado, moldeo, pegado o extrusión.
30. El método de la reivindicación 27, que comprende además crear el núcleo ferromagnético mediante al menos uno de los siguientes procesos: pegar o unir piezas individuales.
- 35 31. El método de la reivindicación 27, en el que las partículas ferromagnéticas forman una estructura en polvo.
32. El método de la reivindicación 27, que comprende además enfocar el campo magnético entre las caras de polo del dispositivo magnético a través de la estructura del núcleo.
- 40 33. El método de la reivindicación 27, en el que el núcleo tiene una cara polar.
34. El método de la reivindicación 33, que además comprende:
- 45 cortar un canal en la cara del polo; e
- insertar un cortocircuito en el canal.
- 50 35. El método de la reivindicación 27, en el que las partículas ferromagnéticas comprenden un material ferromagnético eléctricamente conductor.
36. El método de la reivindicación 27, en el que el revestimiento aislado comprende silicio.
37. El método de la reivindicación 27, en el que las partículas ferromagnéticas comprenden al menos uno de los siguientes: hierro, cobre, latón o aluminio.
- 55 38. El método de la reivindicación 27, que comprende además enrollar un cable alrededor de la estructura del núcleo.
- 60 39. El método de la reivindicación 38, que comprende además enrollar el cable alrededor de una estructura de bobina e instalar la estructura de bobina en la estructura del núcleo.
40. El método de la reivindicación 39, en el que la estructura de la bobina es una única bobina.
- 65 41. El método de la reivindicación 39, en el que la estructura de la bobina comprende múltiples bobinas.

42. El método de la reivindicación 39, que comprende además aislar la estructura de la bobina de la estructura del núcleo.
- 5 43. El método de la reivindicación 38, que comprende además enrollar el cable alrededor de una cara polar del núcleo.
44. El método de la reivindicación 43, que comprende además seleccionar el número de vueltas del bobinado que es igual entre ambos polos.
- 10 45. El método de la reivindicación 38, que comprende además enrollar el cable alrededor de un punto central del núcleo.
46. El método de la reivindicación 38, que comprende además enrollar el cable alrededor de las caras de polo del núcleo y un punto central del núcleo.
- 15 47. El método de la reivindicación 46, que comprende además seleccionar el número de vueltas del bobinado alrededor de las caras de los polos para que sea una fracción del número de vueltas alrededor del punto central del núcleo.
- 20 48. El método de la reivindicación 38, que comprende adicionalmente seleccionar una única hebra de conductor para el cable.
49. El método de la reivindicación 38, que comprende además seleccionar múltiples cables de conductor en paralelo eléctricamente.
- 25 50. El método de la reivindicación 38, que comprende además seleccionar una lámina metálica de material conductor para el cable.
- 30 51. El método de la reivindicación 50, que comprende adicionalmente seleccionar un material de imán extruido para el cable.
52. El método de la reivindicación 27, que comprende además conectar una fuente de potencia al núcleo.
- 35 53. El método de la reivindicación 52, en el que la fuente de potencia es una tensión de entrada de corriente alterna
54. El método de la reivindicación 27, en el que las partículas ferromagnéticas se forman en una forma de núcleo no lineal.

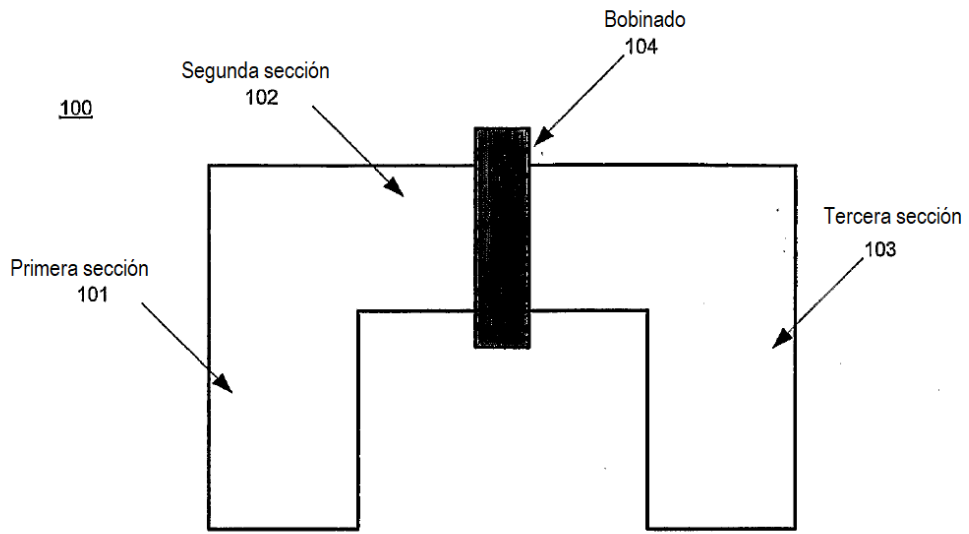


Figura 1A

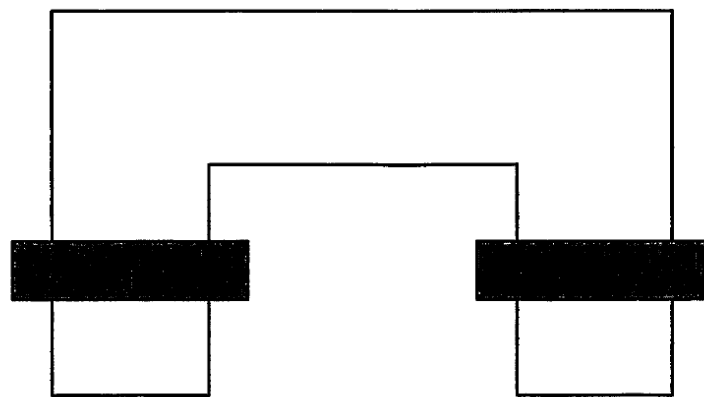
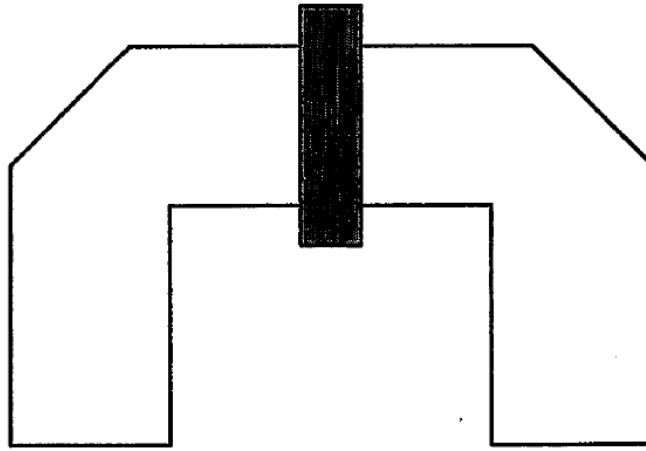
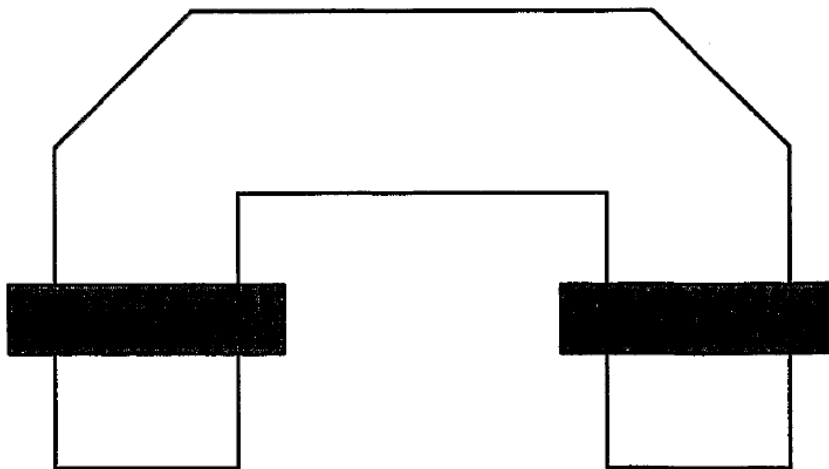


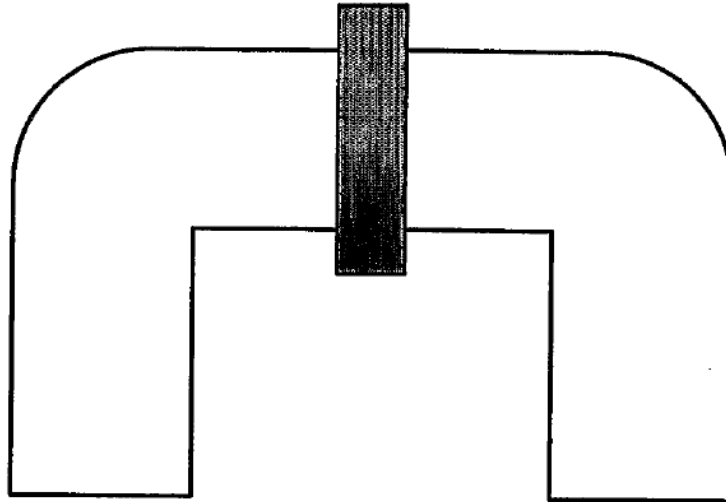
Figura 1B



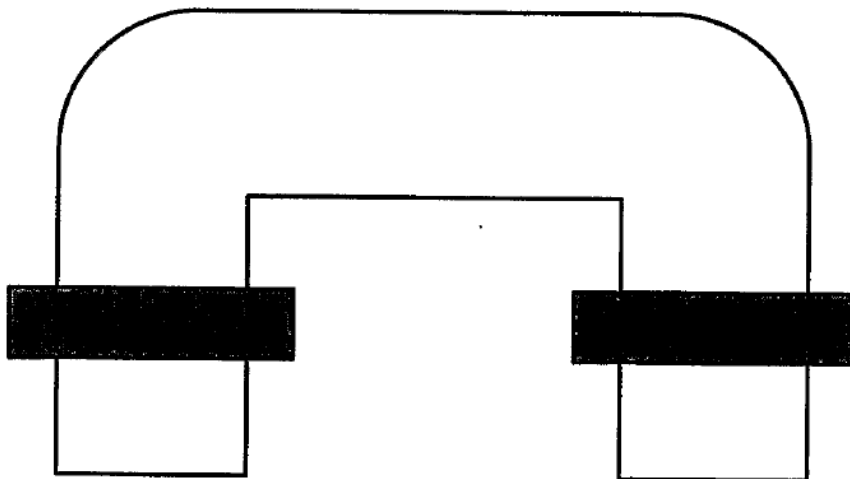
**Figura 2A**



**Figura 2B**

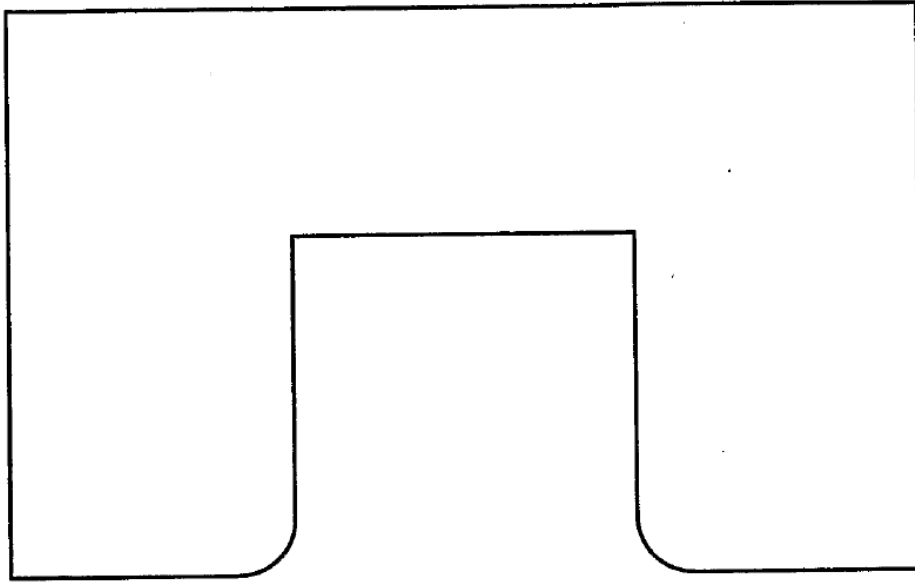


**Figura 3A**

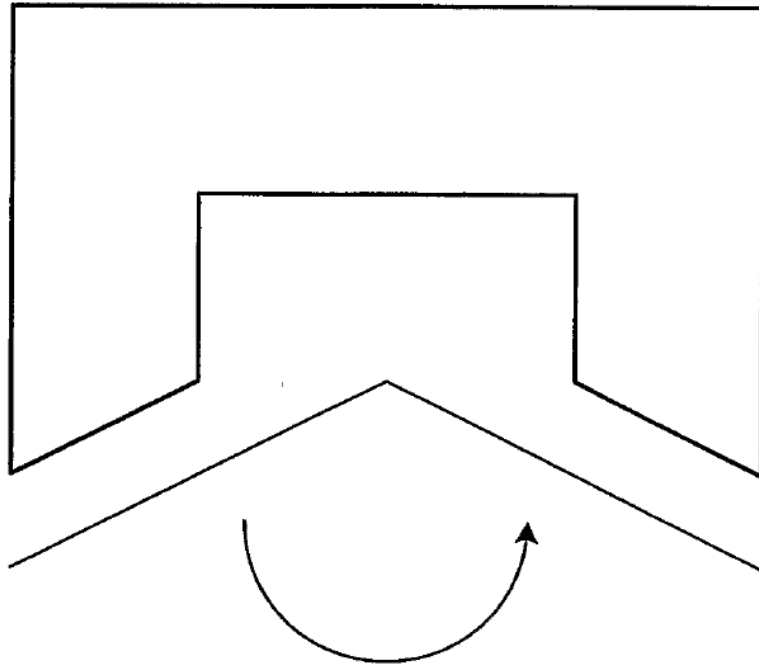


**Figura 3B**

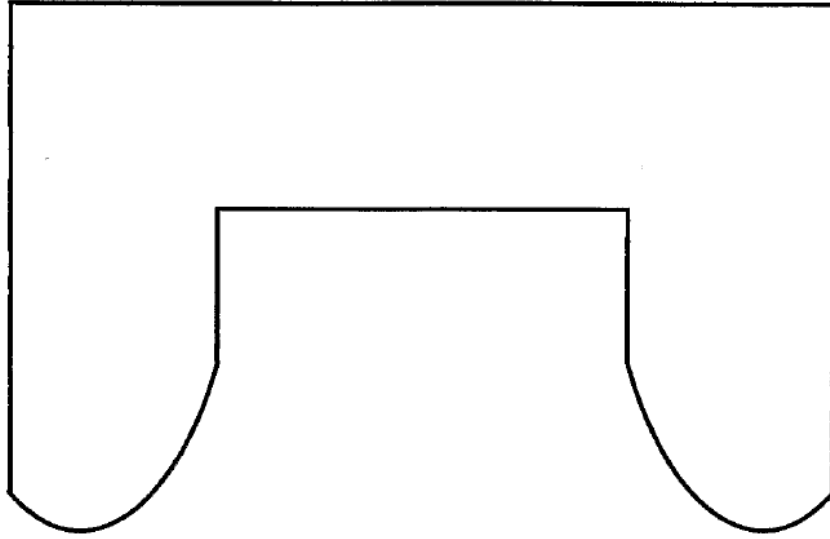




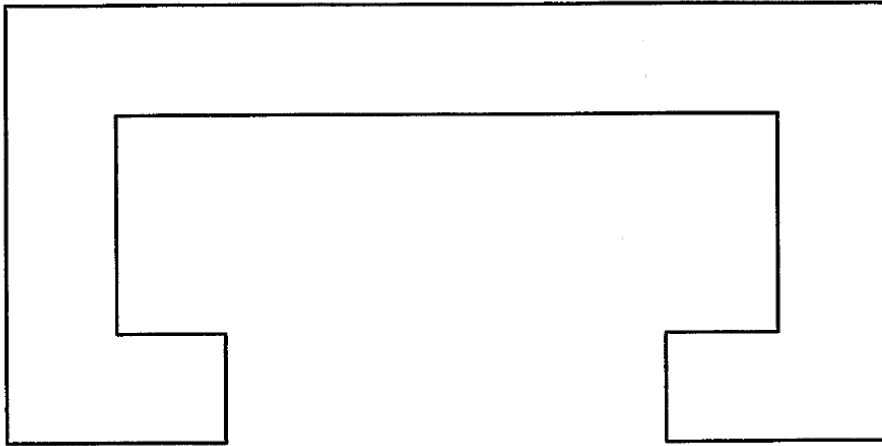
**Figura 4**



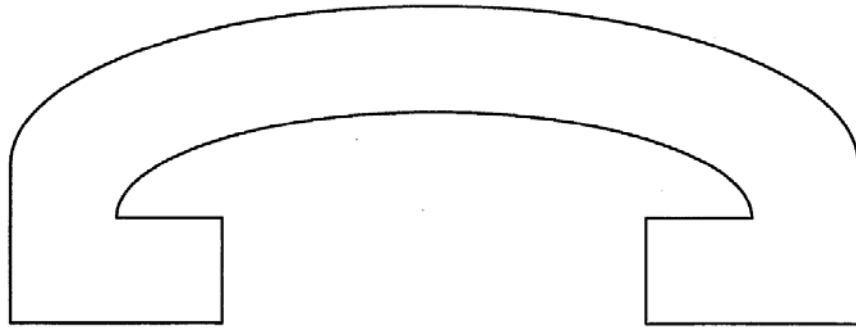
**Figura 5**



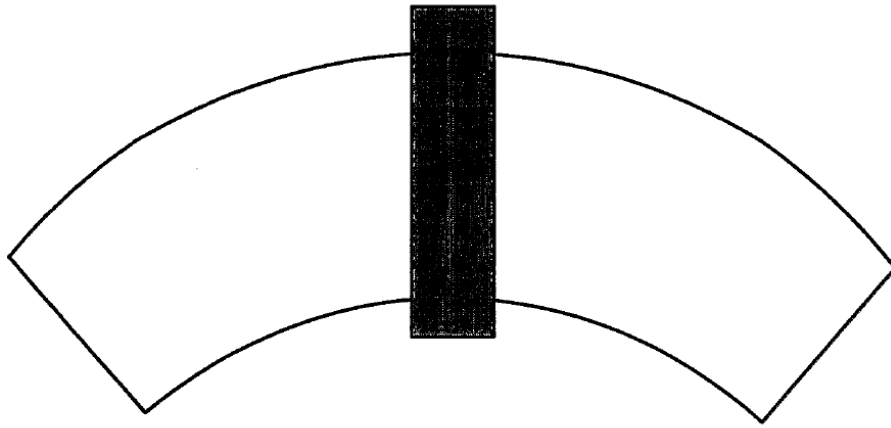
**Figura 6**



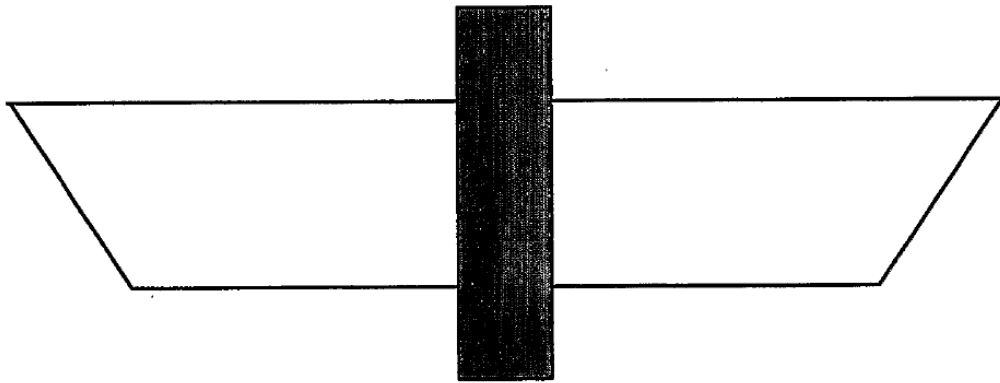
**Figura 7**



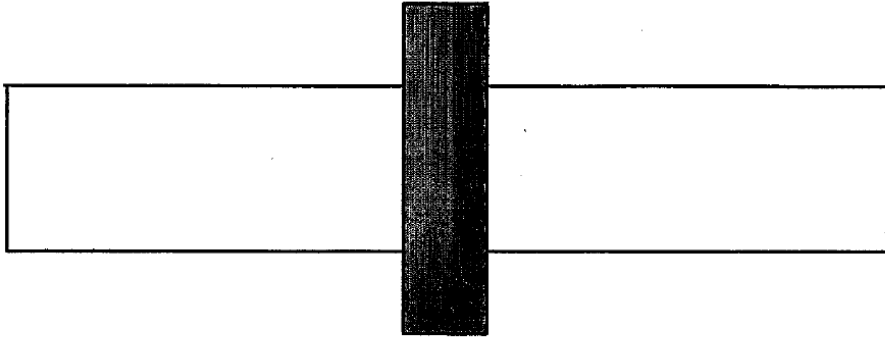
**Figura 8**



**Figura 9**

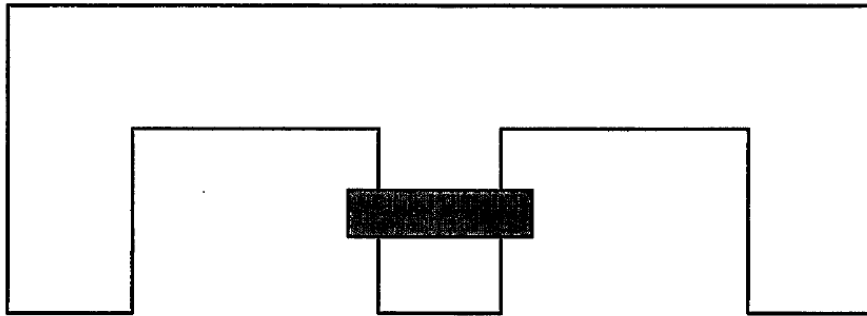


**Figura 10**

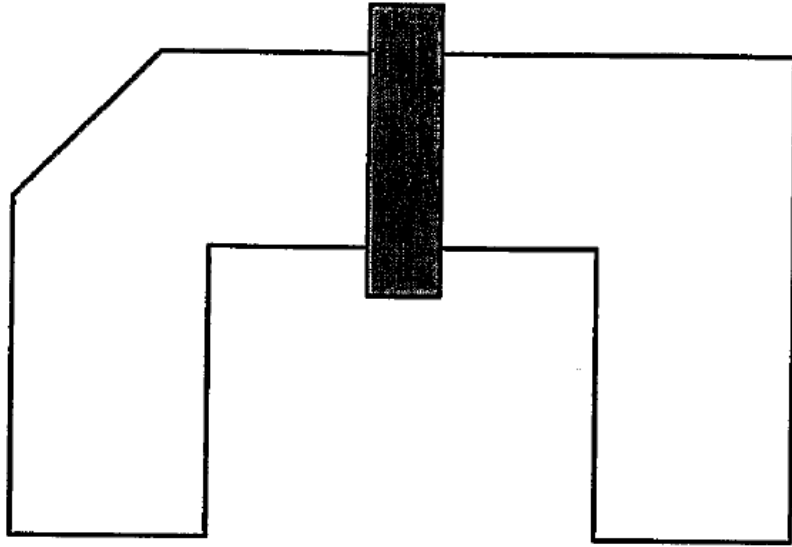


**Figura 11**

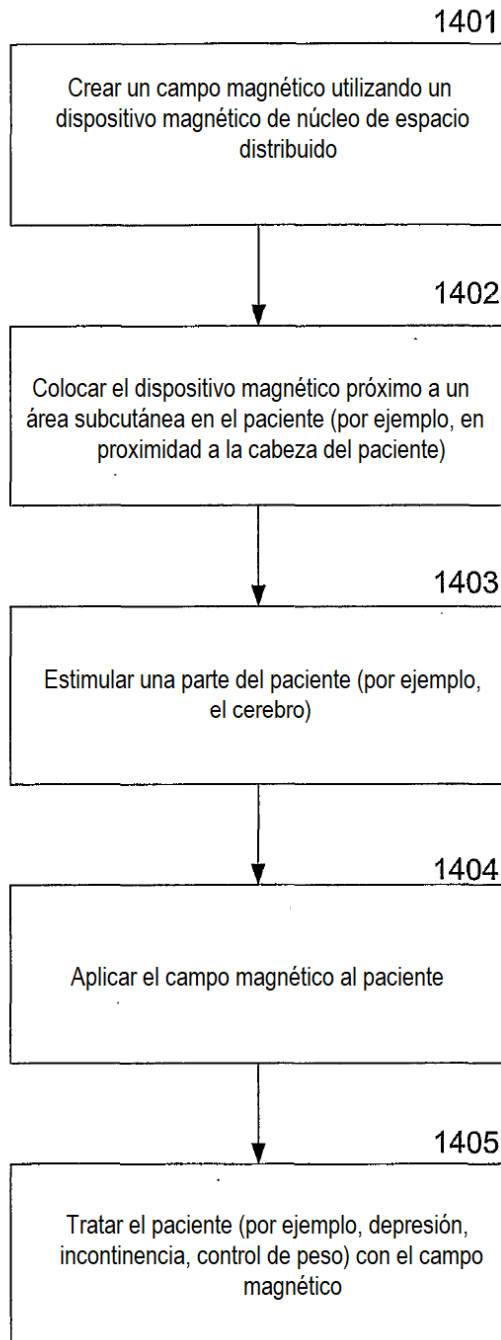




**Figura 12**

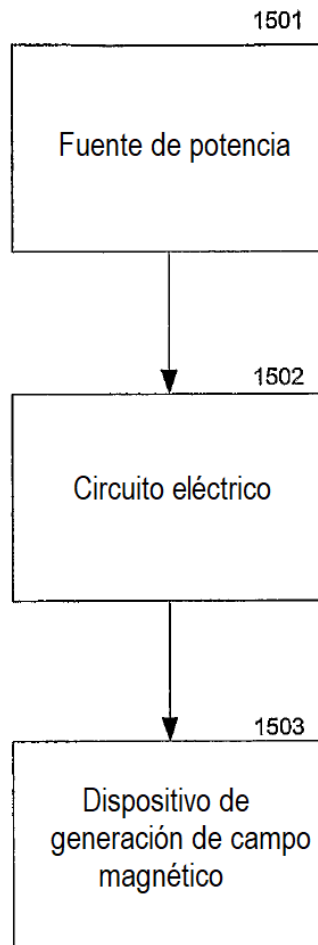


**Figura 13**

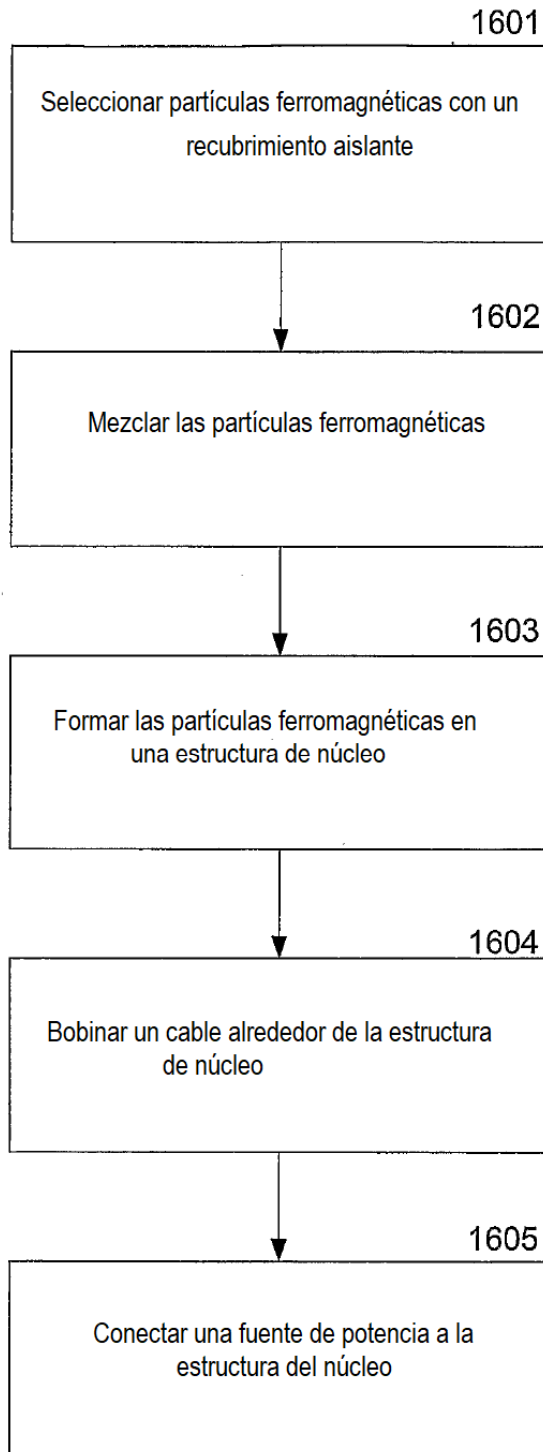


**Figura 14**

1500



**Figura 15**



**Figura 16**