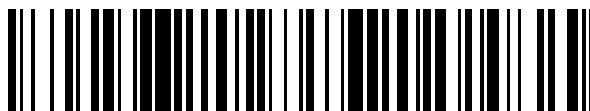


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 639 362**

51 Int. Cl.:

<b>H02J 50/80</b>	(2006.01)
<b>H02J 7/00</b>	(2006.01)
<b>B60L 11/18</b>	(2006.01)
<b>H02J 50/00</b>	(2006.01)
<b>H02J 50/12</b>	(2006.01)
<b>H04B 5/00</b>	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **14.08.2014 PCT/US2014/051141**

87 Fecha y número de publicación internacional: **05.03.2015 WO15031068**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.08.2014 E 14756195 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.06.2017 EP 3031117**

54 Título: **Sistema y procedimiento para la detección de alineación y compatibilidad para un sistema inalámbrico de transferencia de potencia**

30 Prioridad:

**30.08.2013 US 201361872526 P**  
**03.09.2013 US 201361873271 P**  
**18.03.2014 US 201414218246**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**26.10.2017**

73 Titular/es:

**QUALCOMM INCORPORATED (100.0%)**  
**5775 Morehouse Drive**  
**San Diego, CA 92121-1714, US**

72 Inventor/es:

**KEELING, NICHOLAS ATHOL;**  
**KISSIN, MICHAEL LE GALLAIS;**  
**HUANG, CHANG-YU;**  
**BEAVER, JONATHAN y**  
**BUDHIA, MICKEL BIPIN**

74 Agente/Representante:

**FORTEA LAGUNA, Juan José**

ES 2 639 362 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

Sistema y procedimiento para la detección de alineación y compatibilidad para un sistema inalámbrico de transferencia de potencia

5

**CAMPO TÉCNICO**

La tecnología descrita se refiere en general a potencia inalámbrica. Más específicamente, la divulgación está dirigida a dispositivos, sistemas y procedimientos relacionados con la alineación y la detección de compatibilidad para sistemas inalámbricos de transferencia de potencia con sistemas remotos, tales como vehículos que incluyen baterías.

10

**ANTECEDENTES**

[0002] Los sistemas de transferencia inalámbrica de potencia pueden diferir en muchos aspectos, incluyendo topologías de circuito, disposición de magnetismo y capacidades o requisitos de transmisión de potencia. Además, la cantidad de potencia que puede transferirse de un sistema de transferencia de potencia particular a un vehículo puede depender de la alineación física entre el sistema y el vehículo eléctrico. Por lo tanto, existe la necesidad de evaluar el nivel de compatibilidad entre un sistema de transferencia de potencia inalámbrica particular y el vehículo eléctrico. La publicación de la solicitud de patente internacional WO 2013/061440 se refiere a un aparato de recepción de potencia sin contacto, a un aparato de transmisión de potencia sin contacto y a un sistema de transmisión/recepción de potencia sin contacto. La publicación de la solicitud de patente de Estados Unidos US 2012/235509 se refiere a un dispositivo inalámbrico de transmisión de potencia.

15

20

25

**RESUMEN**

[0003] Se proporciona un aparato para recibir potencia de carga de forma inalámbrica desde un transmisor de carga que tiene una bobina de transmisión. El aparato comprende un circuito de comunicaciones del receptor acoplado a una bobina de recepción y a una carga. El circuito de comunicaciones del receptor está configurado para recibir información asociada con al menos una característica del transmisor de carga. El aparato comprende además un circuito de detección configurado para medir un valor de una corriente de cortocircuito o una tensión de circuito abierto asociada con la bobina de recepción. El aparato comprende además un controlador configurado para comparar el valor de la corriente de cortocircuito o la tensión de circuito abierto con un parámetro de carga de umbral establecido a un nivel que proporciona una potencia de carga suficiente para cargar la carga. El controlador está configurado además para iniciar la recepción de la potencia de carga desde el transmisor de carga cuando la corriente de cortocircuito o la tensión de circuito abierto asociada con la bobina de recepción es mayor o igual que el parámetro de carga umbral.

30

35

[0004] Se proporciona un procedimiento de recepción de potencia de carga de forma inalámbrica. El procedimiento comprende recibir información asociada con al menos una característica de un transmisor de carga. El procedimiento comprende además medir un valor de una corriente de cortocircuito o una tensión de circuito abierto asociada con una bobina de recepción. El procedimiento comprende además comparar el valor de la corriente de cortocircuito o la tensión de circuito abierto con un parámetro de carga umbral, estableciéndose el umbral a un nivel que proporcione potencia de carga suficiente para cargar una carga. El procedimiento comprende además iniciar la recepción de la potencia de carga desde el transmisor de carga cuando la corriente de cortocircuito o la tensión de circuito abierto asociada con la bobina de recepción es mayor o igual que el parámetro de carga umbral.

40

45

[0005] Se proporciona un aparato para recibir potencia de carga de forma inalámbrica. El aparato comprende medios para recibir información asociada con al menos una característica de un transmisor de carga. Los medios para recibir la información están operativamente conectados a una carga. El aparato comprende además medios para medir un valor de una corriente de cortocircuito o una tensión de circuito abierto asociada con los medios de recepción. El aparato comprende además medios para comparar el valor de la corriente de cortocircuito o la tensión de circuito abierto con un parámetro de carga umbral. El umbral se establece a un nivel que proporcione una carga suficiente para cargar la carga. El aparato comprende además medios para iniciar la recepción de la potencia de carga desde el transmisor de carga cuando la corriente de cortocircuito o la tensión de circuito abierto asociada con los medios de recepción es mayor o igual que el parámetro de carga umbral.

50

55

[0006] Se proporciona un aparato para transmitir potencia de carga de forma inalámbrica a una bobina de recepción de un receptor. El aparato comprende un circuito de transmisión acoplado a una bobina de transmisión. El aparato comprende además un circuito de detección acoplado al circuito de transmisión. El circuito de detección está configurado para medir un valor de al menos una característica del circuito de transmisión. El aparato comprende además un circuito de comunicaciones configurado para transmitir una indicación del valor de la al menos una característica del circuito de transmisión al receptor. La indicación hace que el receptor determine un parámetro de carga umbral basado en la indicación. La indicación hace que el receptor inicie la recepción de la potencia de carga cuando una corriente de cortocircuito o una tensión de circuito abierto asociada con la bobina de recepción es mayor o igual que el parámetro de carga umbral.

60

65

**BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS**

**[0007]**

- 5            La figura 1 es un diagrama de bloques funcional de un sistema inalámbrico de transferencia de potencia, de acuerdo con una implementación de ejemplo.
- 10           La figura 2 es un diagrama de bloques funcional de un sistema inalámbrico de transferencia de potencia, de acuerdo con otra implementación de ejemplo.
- 15           La figura 3 es un diagrama esquemático de una porción de los circuitos de transmisión o los circuitos de recepción de la figura 2, que incluye una antena de transmisión o recepción, de acuerdo con implementaciones de ejemplo.
- 20           Las figuras 4A-4E son representaciones de una operación de alineación de un vehículo eléctrico y un sistema de transferencia de potencia inalámbrica, de acuerdo con una implementación de ejemplo.
- 25           La figura 5 es un diagrama de un vehículo alineado sobre una bobina de transmisión, de acuerdo con una implementación de ejemplo.
- 30           La figura 6 es un diagrama de bloques funcional de un sistema inalámbrico de transferencia de potencia que tiene detección de alineación y de compatibilidad, de acuerdo con una implementación de ejemplo.
- 35           La figura 7 es un diagrama esquemático de una porción de los circuitos de recepción de la figura 6, de acuerdo con una implementación de ejemplo.
- 40           La figura 8 ilustra un diagrama de flujo de un procedimiento para la detección de alineación y compatibilidad para un sistema inalámbrico de transferencia de potencia, de acuerdo con una implementación de ejemplo.
- 45           La figura 9 ilustra un diagrama de flujo de otro procedimiento para la detección de alineación y compatibilidad para un sistema inalámbrico de transferencia de potencia, de acuerdo con una implementación de ejemplo.
- 50           La figura 10 muestra un sistema inalámbrico de transferencia de potencia que comprende un sistema de transmisión de potencia y un sistema de recepción de potencia, junto con el flujo de señal de acuerdo con una implementación de ejemplo.
- 55           La figura 11 muestra un diagrama de estado de un controlador de corriente secundario del sistema de recepción de potencia de la figura 10 de acuerdo con una implementación de ejemplo.
- 60           La figura 12 muestra un diagrama de estado de un controlador de configuración secundario del sistema de recepción de potencia de la figura 10 de acuerdo con una implementación de ejemplo.
- 65           La figura 13 muestra un diagrama de estado de un controlador de corriente de base del sistema de transmisión de potencia de la figura 10 de acuerdo con una implementación de ejemplo.
- 70           La figura 14 muestra un diagrama de estado de un controlador de bus de CC del sistema de transmisión de potencia de la figura 10 de acuerdo con una implementación de ejemplo.
- 75           La figura 15 muestra un diagrama de estado de un limitador de corriente del sistema de transmisión de potencia de la figura 10 de acuerdo con una implementación de ejemplo.
- 80           La figura 16 muestra un diagrama de flujo de un procedimiento para recibir potencia inalámbrica y cargar una carga de acuerdo con una implementación de ejemplo.
- 85           La figura 17 muestra un diagrama de flujo de un procedimiento para transmitir potencia inalámbrica y cargar una carga de acuerdo con una implementación de ejemplo.

**[0008]** Las diversas características ilustradas en los dibujos pueden no estar dibujadas a escala. Por consiguiente, las dimensiones de las diversas características pueden ampliarse o reducirse de forma arbitraria para una mayor claridad. Además, algunos de los dibujos pueden no representar todos los componentes de un sistema, de un procedimiento o de un dispositivo dado. Finalmente, pueden usarse los mismos números de referencia para indicar las mismas características a lo largo de la memoria descriptiva y de las figuras.

**65 DESCRIPCIÓN DETALLADA**

- 5 **[0009]** La descripción detallada expuesta a continuación, en relación con los dibujos adjuntos, está concebida como una descripción de ciertas implementaciones de la invención, y no está concebida para representar las únicas implementaciones en las que la invención puede llevarse a la práctica. La expresión "a modo de ejemplo" usada a lo largo de esta descripción significa "que sirve de ejemplo, caso o ilustración" y no debería interpretarse necesariamente como preferida o ventajosa a través de otras implementaciones a modo de ejemplo. La descripción detallada incluye detalles específicos con el propósito de proporcionar un entendimiento exhaustivo de las implementaciones divulgadas. En algunos casos, algunos dispositivos se muestran en forma de diagrama de bloques.
- 10 **[0010]** La transferencia inalámbrica de potencia puede referirse a la transmisión de cualquier forma de energía asociada con campos eléctricos, campos magnéticos, campos electromagnéticos, o de cualquier otro tipo desde un transmisor hasta un receptor, sin el uso de conductores eléctricos físicos (por ejemplo, la potencia se puede transmitir a través del espacio libre). La salida de potencia en un campo inalámbrico (por ejemplo, un campo magnético o campo electromagnético) puede recibirse, capturarse por, o acoplarse por una "antena de recepción" para lograr la transmisión de potencia.
- 15 **[0011]** La figura 1 es un diagrama de bloques funcional de un sistema inalámbrico de transferencia de potencia 100, de acuerdo con una implementación de ejemplo. Se puede proporcionar una potencia de entrada 102 a un transmisor 104 desde una fuente de alimentación (no mostrada) para generar un campo inalámbrico 105 (por ejemplo, magnético o electromagnético) para realizar la transferencia de energía. Un receptor 108 puede acoplarse al campo inalámbrico 105 y genera una potencia de salida 110 para su almacenamiento o consumo por parte de un dispositivo (no mostrado) acoplado a la potencia de salida 110. Tanto el transmisor 104 como el receptor 108 se separan por una distancia 112.
- 20 **[0012]** En una implementación de ejemplo, el transmisor 104 y el receptor 108 están configurados de acuerdo con una relación de resonancia mutua. Cuando la frecuencia de resonancia del receptor 108 y la frecuencia de resonancia del transmisor 104 son sustancialmente las mismas o muy próximas, las pérdidas de transmisión entre el transmisor 104 y el receptor 108 son mínimas. Como tal, la transferencia de potencia inalámbrica puede proporcionarse a una distancia mayor en comparación con soluciones puramente inductivas que pueden requerir bobinas de antena grandes que están muy próximas (por ejemplo, a veces dentro de milímetros). Las técnicas de acoplamiento inductivo resonante pueden permitir así una mejor eficiencia y transferencia de potencia a diferentes distancias y con una variedad de configuraciones de bobinas inductivas.
- 25 **[0013]** El receptor 108 puede recibir energía cuando el receptor 108 está situado en el campo inalámbrico 105 producido por el transmisor 104. El campo inalámbrico 105 corresponde a una región en la que la energía emitida por el transmisor 104 puede ser capturada por el receptor 108. El campo inalámbrico 105 puede corresponder al "campo cercano" del transmisor 104, tal como se describirá adicionalmente a continuación. El transmisor 104 puede incluir una antena o bobina de transmisión 114 para transmitir energía al receptor 108. El receptor 108 puede incluir una antena o bobina de recepción 118 para recibir o capturar la energía transmitida desde el transmisor 104. El campo cercano puede corresponder a una región en la que existen fuertes campos reactivos resultantes de las corrientes y las cargas en la bobina de transmisión 114, que irradian mínimamente potencia hacia el exterior de la bobina de transmisión 114. El campo cercano puede corresponder a una región que está dentro de aproximadamente una longitud de onda (o una fracción de la misma) de la bobina de transmisión 114.
- 30 **[0014]** Como se ha descrito anteriormente, se puede producir una transferencia de energía eficiente mediante el acoplamiento de una gran parte de la energía en el campo inalámbrico 105 a la bobina de recepción 105, en lugar de propagar la mayor parte de la energía en una onda electromagnética al campo lejano. Cuando se coloca dentro del campo inalámbrico 105, puede desarrollarse un "modo de acoplamiento" entre la bobina de transmisión 114 y la bobina de recepción 118. El área alrededor de la antena de transmisión 114 y la antena de recepción 118, donde este acoplamiento se produce se denomina en el presente documento una región en modo de acoplamiento.
- 35 **[0015]** La figura 2 es un diagrama de bloques funcional de un sistema inalámbrico de transferencia de potencia 200, de acuerdo con otra implementación de ejemplo. El sistema 200 incluye un transmisor 204 y un receptor 208. El transmisor 204 puede incluir circuitos de transmisión 206, que pueden incluir un oscilador 222, un circuito de accionamiento 224, y un circuito de filtrado y adaptación 226. El oscilador 222 se puede configurar para generar una señal a una frecuencia deseada, que puede ajustarse en respuesta a una señal de control de frecuencia 223. El oscilador 222 puede proporcionar la señal del oscilador al circuito de accionamiento 224. El circuito de accionamiento 224 puede estar configurado para accionar la antena de transmisión 214 a, por ejemplo, una frecuencia resonante de la antena de transmisión 214 en base a una señal de tensión de entrada ( $V_D$ ) 225. El circuito de accionamiento 224 puede ser un amplificador de conmutación configurado para recibir una onda cuadrada desde el oscilador 222 y emitir una onda sinusoidal. Por ejemplo, el circuito de accionamiento 224 puede ser un amplificador de clase E.
- 40 **[0016]** El circuito de filtrado y adaptación 226 puede filtrar los armónicos u otras frecuencias no deseadas y adaptar la impedancia del transmisor 204 a la antena de transmisión 214. Como resultado del accionamiento de la antena de transmisión 214, la antena de transmisión 214 puede generar un campo inalámbrico 205 para suministrar energía de
- 45
- 50
- 55
- 60
- 65

forma inalámbrica a un nivel suficiente para cargar una batería 236 de un vehículo eléctrico, por ejemplo.

**[0017]** El receptor 208 puede incluir circuitos de recepción 210, que pueden incluir un circuito de adaptación 232 y un circuito rectificador 234. El circuito de adaptación 232 puede adaptar la impedancia de los circuitos de recepción 210 a la antena de recepción 218. El circuito rectificador 234 puede generar una salida de potencia de corriente continua (CC) desde una entrada de potencia de corriente alterna (CA) para cargar la batería 236, como se muestra en la figura 2. El receptor 208 y el transmisor 204 pueden comunicarse además en un canal de comunicaciones separado 219 (por ejemplo, Bluetooth, Zigbee, celular, etc.). El receptor 208 y el transmisor 204 pueden comunicarse alternativamente mediante señalización en banda usando características del campo inalámbrico 205.

**[0018]** El receptor 208 puede estar configurado para determinar si una cantidad de potencia transmitida por el transmisor 204 y recibida por el receptor 208 es apropiada para cargar la batería 236.

**[0019]** La figura 3 es un diagrama esquemático de una parte de los circuitos de transmisión 206 o de los circuitos de recepción 210 de la figura 2, que incluye una antena de transmisión o recepción, de acuerdo con implementaciones de ejemplo. Como se ilustra en la figura 3, circuitos de transmisión o de recepción 350 pueden incluir una antena 352. La antena 352 también puede referirse a o estar configurada como una antena de "bucle" 352. La antena 352 también pueden mencionarse en el presente documento, o estar configurada, como una antena "magnética" o una bobina de inducción. El término "antena" está concebido para referirse a un componente que puede emitir o recibir energía de manera inalámbrica para su acoplamiento a otra "antena". La antena también puede denominarse como una bobina de un tipo que está configurado para emitir o recibir potencia de manera inalámbrica. Tal como se utiliza en el presente documento, la antena 352 es un ejemplo de un "componente de transferencia de potencia" de un tipo que está configurado para emitir y/o recibir energía de forma inalámbrica.

**[0020]** La antena 352 puede incluir un núcleo de aire o un núcleo físico, tal como un núcleo de ferrita (no mostrado). Las antenas de bucle con núcleo de aire pueden ser más tolerables a los dispositivos físicos extraños situados en las proximidades del núcleo. Además, una antena de bucle con núcleo de aire 352 permite la colocación de otros componentes en el área del núcleo. Además, un bucle con núcleo de aire puede permitir más fácilmente la colocación de la antena de recepción 218 (figura 2) en un plano de la antena de transmisión 214 (figura 2) donde la región en modo acoplado de la antena de transmisión 214 puede ser más potente.

**[0021]** Como se indica, la transferencia eficiente de energía entre el transmisor 104 y el receptor 108/208 se puede producir durante la resonancia adaptada o casi adaptada entre el transmisor 104/204 y el receptor 108/208. Sin embargo, incluso cuando la resonancia entre el transmisor 104/204 y el receptor 208 no se corresponden, la energía puede transferirse, aunque la eficacia puede verse afectada. Por ejemplo, la eficiencia puede ser menor cuando la resonancia no está adaptada. La transferencia de energía se produce acoplando energía desde el campo inalámbrico 105/205 de la bobina de transmisión 114/214 a la bobina de recepción 118/218, que reside en la vecindad del campo inalámbrico 105/205, en lugar de propagar la energía desde la bobina de transmisión 114/214 al espacio libre.

**[0022]** La frecuencia de resonancia de las antenas de bucle o magnéticas se basa en la inductancia y en la capacitancia. La inductancia puede ser simplemente la inductancia creada por la antena 352, mientras que la capacitancia se puede añadir generalmente a la inductancia de la antena para crear una estructura resonante a una frecuencia de resonancia deseada. Como un ejemplo no limitativo, pueden añadirse un condensador 354 y un condensador 154 a los circuitos de transmisión o recepción 350 para crear un circuito de resonancia que selecciona una señal 358 a la frecuencia de resonancia. Por consiguiente, para antenas de mayor diámetro, el tamaño de la capacitancia necesaria para inducir resonancia puede disminuir según aumenta el diámetro o la inductancia del bucle.

**[0023]** Además, a medida que aumenta el diámetro de la antena, puede aumentar el área de transferencia eficiente de energía del campo cercano. También son posibles otros circuitos resonantes formados usando otros componentes. Según otro ejemplo no limitativo, puede colocarse un condensador en paralelo entre los dos terminales de los circuitos 350. Para antenas de transmisión, la señal 358, con una frecuencia que corresponde sustancialmente a la frecuencia de resonancia de la antena 352, puede ser una entrada a la antena 352.

**[0024]** Con referencia a las figuras 1 y 2, el transmisor 104/204 puede emitir un campo magnético (o electromagnético) que varía en el tiempo con una frecuencia correspondiente a la frecuencia de resonancia de la bobina de transmisión 114/214. Cuando el receptor 108/208 está dentro del campo inalámbrico 105/205, el campo magnético (o electromagnético) variable en el tiempo puede inducir una corriente en la bobina de recepción 118/218. Tal como se ha descrito anteriormente, si la bobina de recepción 118/218 está configurada para resonar a la frecuencia de la bobina de transmisión 114/214, la energía puede transferirse eficazmente. La señal de CA inducida en la bobina de recepción 118/218 puede rectificarse como se ha descrito anteriormente para producir una señal de CC que puede proporcionarse para cargar o para alimentar una carga.

**[0025]** Las figuras 4A, 4B, 4C, 4D y 4E son representaciones de una operación de alineación entre un vehículo eléctrico y un sistema inalámbrico de transferencia de potencia, de acuerdo con un ejemplo de realización de la

invención. La figura 4A muestra un vehículo eléctrico 401 que incluye un receptor inalámbrico de transferencia y comunicación de energía 408 conectado eléctricamente a una antena o bobina de recepción 418 y a una antena de comunicaciones 427. La figura 4A también muestra un transmisor inalámbrico de transferencia de energía y de comunicaciones 404 conectado eléctricamente a una antena o bobina de transmisión 414 y una antena de comunicaciones 437. La antena de comunicaciones 427 puede ser diferente de la bobina de recepción 418. La antena de comunicaciones 437 puede ser diferente de la bobina de transmisión 414. Las antenas de comunicaciones 427 y 437 pueden estar configuradas para facilitar la comunicación entre el receptor 408 y el transmisor 404, respectivamente, cuando el vehículo 401 se aproxima. La figura 4B muestra el receptor 408 a bordo del vehículo 401 que establece comunicación con el transmisor 404. En la figura 4C, un procedimiento de alineación puede comenzar cuando el vehículo 401 se mueve hacia la bobina de transmisión 414. El enlace de comunicaciones proporciona retroalimentación visual, retroalimentación auditiva o combinaciones de las mismas con un conductor del vehículo 401. El conductor puede usar esta retroalimentación para determinar cuándo el vehículo 401 está posicionado apropiadamente para la transferencia de potencia inalámbrica. En la figura 4D, el procedimiento de alineación continúa mientras el vehículo 401 finaliza la alineación colocando el vehículo 401 de manera que la bobina de recepción 418 montada en el vehículo 401 esté sustancialmente alineada con la bobina de transmisión 414. Finalmente, la figura 4D muestra el vehículo 401 situado de tal manera que la bobina de recepción 418 está sustancialmente alineada con la bobina de transmisión 414 del transmisor 404.

**[0026]** La figura 5 es un diagrama de un vehículo alineado sobre una bobina de transmisión, de acuerdo con una implementación de ejemplo de la invención. El sistema de transferencia de potencia inalámbrica 500 permite la carga del vehículo 401 mientras el vehículo 401 está aparcado cerca del transmisor 404. Se muestra un espacio para que el vehículo 401 se estacione sobre la bobina de transmisión 414. La bobina de transmisión 414 puede estar situada dentro de una almohadilla de base 415. En algunas implementaciones, el transmisor 404 puede estar conectado a una red de alimentación 502. El transmisor 404 puede configurarse para proporcionar una corriente alterna (CA), a través de una conexión eléctrica 503, a la bobina de transmisión 414 situada dentro de la almohadilla de base 415. Como se ha descrito en conexión con la figura 4 anterior, el vehículo 401 puede incluir una batería 536, la bobina de recepción 418 y la antena 427 conectadas cada una al receptor 408.

**[0027]** En algunas implementaciones, la bobina de recepción 418 puede recibir potencia cuando la bobina de recepción 418 está situada en un campo inalámbrico (por ejemplo, magnético o electromagnético) producido por la bobina de transmisión 414. El campo inalámbrico corresponde a una región en la que la energía emitida por la bobina de transmisión 414 puede ser capturada por la bobina de recepción 418. En algunos casos, el campo inalámbrico puede corresponder al "campo cercano" de la bobina de transmisión 414.

**[0028]** Es deseable que la bobina de recepción 418 proporcione al menos un mínimo de corriente o potencia nominal al receptor 404 para cargar la batería 536 o accionar el vehículo 401. La corriente o potencia nominal mínima puede incluir requisitos de carga eléctrica adicionales además de cargar la batería 536, por ejemplo, cualquier requisito eléctrico de uno o más dispositivos electrónicos dentro y accionados por el vehículo 401. No todos los vehículos están diseñados para ser compatibles con todos los sistemas de carga. Esta incompatibilidad puede afectar al rendimiento de los sistemas de carga inalámbrica. Una solución puede incluir la prueba previa de varios sistemas de carga inalámbrica con varios vehículos eléctricos para proporcionar una lista de compatibilidad. Otra solución puede incluir además la prueba previa contra un conjunto estándar de elementos magnéticos para la carga eléctrica en el lado del vehículo. A menos que se prueben varias posiciones de alineación para cada sistema de carga inalámbrica y combinación de vehículo eléctrico (o conjunto de imanes estándar), tales soluciones pueden no proporcionar una evaluación de compatibilidad completa y precisa.

**[0029]** Para un funcionamiento robusto y fiable, el receptor 404 a bordo del vehículo 401 puede determinar la compatibilidad entre la bobina de transmisión 414 y la bobina de recepción 418. Si la bobina de transmisión 414 y la bobina de recepción 418 son capaces de trabajar conjuntamente para proporcionar al menos una salida de potencia nominal mínima para el vehículo 401 para una alineación dada, la bobina de transmisión 414 y la bobina de recepción 418 pueden determinarse compatibles. Dicha determinación de compatibilidad puede hacerse independientemente de la alineación entre la bobina de transmisión 414 y la bobina de recepción 418. Dicha determinación de compatibilidad puede realizarse además independientemente de si la bobina de transmisión 414 y la bobina de recepción 418 pertenecen al mismo sistema de transferencia de potencia inalámbrica. La detección de compatibilidad se describe adicionalmente en relación con las figuras 6 y 7 a continuación.

**[0030]** La figura 6 es un diagrama de bloques funcional de un sistema inalámbrico de transferencia de potencia 600 que tiene detección de alineación y de compatibilidad, de acuerdo con una implementación de ejemplo de la invención. El sistema 600 incluye un transmisor 604 y un receptor 608. El transmisor 604 puede incluir un circuito de comunicaciones 629 conectado eléctricamente a unos circuitos de transmisión 606. Los circuitos de transmisión 606 pueden incluir un oscilador 622, un circuito de accionamiento 624, y un circuito de filtrado y adaptación 626. El oscilador 622 se puede configurar para generar una señal a una frecuencia deseada, que puede ajustarse en respuesta a una señal de control de frecuencia 623. El oscilador 622 puede proporcionar la señal del oscilador al circuito de accionamiento 624. El circuito de accionamiento 624 puede estar configurado para accionar una bobina de transmisión 614 a, por ejemplo, una frecuencia resonante de la bobina de transmisión 614 en base a una señal de tensión de entrada ( $V_D$ ) 625. En un ejemplo no limitativo, el circuito de accionamiento 624 puede ser un

amplificador de conmutación configurado para recibir una onda cuadrada desde el oscilador 622 y emitir una onda sinusoidal.

5 **[0031]** El circuito de filtrado y adaptación 626 puede filtrar los armónicos u otras frecuencias no deseadas y adaptar la impedancia del transmisor 604 a la bobina de transmisión 614. Como resultado del accionamiento de la bobina de transmisión 614, la bobina de transmisión 614 puede generar un campo inalámbrico 605 para suministrar energía de forma inalámbrica a un nivel suficiente para cargar una batería 636 de un vehículo eléctrico, por ejemplo. A menos que se indique lo contrario, cada componente dentro de los circuitos de transmisión 606 puede tener sustancialmente la misma funcionalidad que el componente respectivo en los circuitos de transmisión 206, como se describió anteriormente en conexión con la figura 2.

15 **[0032]** El transmisor 604 puede incluir además un circuito controlador 628 conectado eléctricamente a un circuito de comunicaciones 629. El circuito de comunicaciones 629 puede estar configurado para comunicarse con el circuito de comunicaciones 639 dentro del receptor 604 a través de un enlace de comunicaciones 619. El transmisor 603 puede incluir además un circuito de detección 625 acoplado a los circuitos de transmisión 606 y al circuito controlador 628. El circuito de detección 625 puede estar configurado para medir una salida de corriente mediante los circuitos de transmisión 606 a la bobina de transmisión 614 y puede comunicar dicha información al circuito controlador 628.

20 **[0033]** El receptor 608 puede incluir una bobina de recepción 618 y circuitos de recepción 610. Los circuitos de recepción 610 incluyen un circuito de conmutación 630, un circuito de adaptación 632, y un circuito rectificador 634. La bobina de recepción 618 puede estar conectada eléctricamente al circuito de conmutación 630. El circuito de conmutación puede conectar selectivamente la bobina de recepción 618 al circuito de adaptación 632 o a los terminales de cortocircuito de la bobina de recepción 618 juntos. El circuito de adaptación 632 puede estar conectado eléctricamente al circuito rectificador 634. El circuito rectificador 634 puede proporcionar una corriente continua a una batería 636. A menos que se indique lo contrario, cada componente dentro del circuito de recepción 610 puede tener sustancialmente la misma funcionalidad que el componente respectivo dentro del circuito de recepción 210, como se describió anteriormente en conexión con la figura 2.

30 **[0034]** El receptor 608 puede incluir además un circuito de detección 635 configurado para detectar una corriente de cortocircuito o una tensión de circuito abierto de la bobina de recepción 618 y/o una salida de corriente de CC del circuito rectificador 634. Un circuito de control 638 puede estar conectado eléctricamente a, y recibir datos de sensor desde, el circuito de sensor 635. Una interfaz de usuario 650 también puede estar conectada eléctricamente al circuito de control 638 y configurada para proporcionar retroalimentación a un controlador del vehículo con respecto a un nivel de acoplamiento, alineación o compatibilidad entre la bobina de recepción 618 y la bobina de transmisión 614. Un circuito de comunicaciones 639 puede estar conectado al circuito controlador 638. El circuito de comunicaciones 639 puede estar configurado para comunicarse con el circuito de comunicaciones 629 dentro del transmisor 604 sobre el enlace de comunicaciones 619.

40 **[0035]** Para proporcionar energía desde el transmisor 604 al receptor 608, la energía puede ser transmitida desde la bobina de transmisión 614 a la bobina de recepción 618 a través de un campo inalámbrico (por ejemplo, un campo magnético o electromagnético) 605. La bobina de transmisión 614 y el circuito de transmisión 606 forman un circuito resonante que tiene una frecuencia de resonancia particular. La bobina de recepción 618 y el circuito de recepción 610 forman otro circuito resonante que tiene una frecuencia de resonancia particular. Debido a que las pérdidas electromagnéticas se minimizan entre dos sistemas resonantes acoplados que tienen la misma frecuencia de resonancia, es deseable que la frecuencia de resonancia asociada con la bobina de recepción 618 sea sustancialmente la misma que la frecuencia de resonancia asociada con la bobina de transmisión 614. Por lo tanto, es deseable además que la topología de sintonización para una o ambas de la bobina de transmisión 614 y la bobina de recepción 618 no se vea afectada significativamente por los cambios de inductancia o de carga.

50 **[0036]** En una implementación, el circuito de transmisión 606 proporciona una corriente alterna  $I_1$ , por ejemplo, a veces referida como una corriente primaria, a la bobina de transmisión 614, de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$I_1 = I_{1\max} / \beta$$

55 donde  $I_{1\max}$  es una corriente alterna máxima que el circuito de transmisión 606 puede proporcionar a la bobina de transmisión 614.

60 **[0037]** Es deseable que la corriente  $I_1$  sea una fracción o porcentaje de la corriente máxima  $I_{1\max}$ , por ejemplo, 10 %, 15 %, 20 %, 25 %, etc., de  $I_{1\max}$ . Por lo tanto, la relación  $\beta$  corresponde al recíproco de ese porcentaje o fracción. Es deseable además que el circuito de transmisión 606 sea capaz de proporcionar la corriente  $I_1$  como una corriente sustancialmente constante. La bobina de transmisión 614 produce el campo inalámbrico 605 basado en la corriente  $I_1$ . Cuando está sustancialmente alineada con la bobina de transmisión 614, la bobina de recepción 618 puede estar situada sustancialmente dentro del campo inalámbrico 605. De este modo, la bobina de recepción 618 puede acoplarse magnéticamente o electromagnéticamente a la bobina de transmisión 614. El campo inalámbrico 605 induce una corriente de CA  $I_2$ , por ejemplo, a veces referida como una corriente secundaria, en la bobina de recepción 618.

**[0038]** En un modo de carga, el circuito rectificador 643 convierte la corriente de CA  $I_2$  en una corriente continua (CC) de corriente de carga  $I_{dc}$ . La corriente de carga  $I_{dc}$  es proporcional a la corriente  $I_1$  de acuerdo con la siguiente ecuación:

5

$$I_{dc} = 1,1k_{12} \sqrt{L_1/L_2} I_1 = 1,1K_{12} I_1$$

donde  $I_{cc}$  se mide en amperios, 1,1 es un factor de escala de corrección aproximado igual a  $\pi/(2\sqrt{2})$ ,  $k_{12}$  es un factor de acoplamiento entre la bobina de transmisión 614 y la bobina de recepción 614,  $L_1$  y  $L_2$  son inductancias de la bobina de transmisión 614 y de la bobina de recepción 618, respectivamente,  $I_1$  se representa como una raíz cuadrada promedio (RMS) de la corriente alterna en amperios y  $K_{12}$  es "kappa" o el factor de acoplamiento  $k_{12}$  normalizado a la relación entre la inductancia de la bobina de transmisión 614 y la inductancia de la bobina de recepción 618.

10

**[0039]** Por consiguiente, una corriente máxima de carga CC  $I_{dcmax}$  que la bobina de recepción 618 puede producir es proporcional a la corriente máxima  $I_{1max}$  proporcionada a la bobina de transmisión 614. Esto es cierto para cualquier alineación dada entre la bobina de transmisión 614 y la bobina de recepción 618, de acuerdo con la siguiente ecuación:

15

20

$$I_{dcmax} = 1,1K_{12} I_{1max}$$

**[0040]** Además,  $K_{12}$  puede variar dependiendo de la alineación entre la bobina de transmisión 614 y la bobina de recepción 618. Debido a que  $K_{12}$  representa un factor de acoplamiento normalizado entre la bobina de transmisión 614 y la bobina de recepción 618,  $K_{12}$  se puede expresar como la relación de la corriente de cortocircuito  $I_{2sc}$  que fluye a través de la bobina de recepción 618 y la corriente  $I_1$  que fluye a través de la bobina de transmisión 614, de acuerdo con la siguiente ecuación:

25

$$K_{12} = I_{2sc}/I_1$$

**[0041]**  $K_{12}$  también se puede expresar como la relación de una tensión de circuito abierto  $V_{oc}$  a través de la bobina de recepción 618 y una tensión  $V_1$  a través de la bobina de transmisión 614, de acuerdo con la siguiente ecuación:

30

$$K_{12} = V_{oc}/V_1$$

**[0042]** Para medir la corriente  $I_{2sc}$ , el circuito de conmutación 630 cortocircuita los terminales de la bobina de recepción 618 a través del circuito de detección 635, como se describe adicionalmente en mayor detalle en la figura 7 a continuación. En otra realización, la corriente de cortocircuito  $I_{2sc}$ , se puede inferir o determinar usando la corriente de carga  $I_{dc}$  mientras que el circuito de recepción 610 proporciona potencia a la batería 636. Por ejemplo, la relación entre la corriente de carga  $I_{dc}$  y la corriente de cortocircuito  $I_{2sc}$ , podría inferirse o determinarse de acuerdo con la siguiente ecuación:

35

40

$$I_{2sc} = I_{dc}/1,1$$

**[0043]** En aún otra implementación, un valor de la corriente de cortocircuito  $I_{2sc}$ , puede inferirse o determinarse por la medición de la tensión de circuito abierto  $V_{oc}$  entre los terminales de la bobina de recepción 618. Por ejemplo, la relación entre la tensión de circuito abierto  $V_{oc}$  y la corriente de cortocircuito  $I_{2sc}$ , puede inferirse o determinarse de acuerdo con la siguiente ecuación:

45

50

$$I_{2sc} = V_{oc}/\omega L_2$$

donde  $\omega$  es la frecuencia de CA en radianes por segundo y  $L_2$  es la inductancia de la bobina de recepción 618. Para medir la tensión  $V_{oc}$ , el circuito de conmutación 630 puede abrir el circuito de los terminales de la bobina de recepción 618 a través del circuito de sensor 635, como se describe adicionalmente con mayor detalle en la figura 7 a continuación.

55

**[0044]** Con referencia a la figura 6, el circuito de transmisión 606 puede ajustar la corriente  $I_1$  a la relación  $\beta$  de la corriente máxima  $I_{1max}$ . El circuito de transmisión 606 puede proporcionar la corriente  $I_1$  para la bobina de transmisión 614. Cuando se desea una medición dinámica de la corriente  $I_1$ , el circuito de detección 625 puede medir la corriente  $I_1$  aplicada a la bobina de transmisión 614 para que el receptor 608 pueda recibir una indicación del valor de la corriente  $I_1$ . El circuito de detección 625 puede comunicar la medición al circuito controlador 628. En una realización en la que se puede medir la tensión de circuito abierto  $V_{oc}$  a través de la bobina de recepción 618, el circuito de detección 625 puede medir una tensión  $V_1$  a través de los terminales de la bobina de transmisión 614. El circuito de detección 625 puede comunicar la medición al circuito controlador 628. Similar a la relación entre  $I_1$  y  $I_{1max}$ , una relación de una tensión máxima  $V_{1max}$  a través de la bobina de transmisión 614, inducida por la corriente  $I_{1max}$ , a la tensión  $V_1$ , inducida por la corriente  $I_1$ , también es  $\beta$ .

60

65



**[0045]** En una implementación, el receptor 608 puede pedir la relación  $\beta$  desde el transmisor 604. El circuito de comunicaciones 629 puede comunicar la relación  $\beta$  al circuito de comunicaciones 639 dentro del receptor 608. El circuito de comunicaciones 629 puede comunicar además al menos uno del valor de la corriente  $I_1$  y el valor de la tensión  $V_1$  al circuito de comunicaciones 629. El circuito de comunicaciones 639 puede comunicar la relación recibida  $\beta$  y al menos uno del valor de  $I_1$  y el valor de  $V_1$  al circuito controlador 638. De esta manera, el receptor 608 puede almacenar en una unidad de memoria (no mostrada) los valores de la relación  $\beta$  y al menos uno de la corriente  $I_1$  y la tensión  $V_1$  en base a la información proporcionada por el transmisor 604. En una implementación alternativa en la que  $\beta$  está estandarizado, el circuito controlador 638 puede haber guardado ya  $\beta$  en la unidad de memoria. En tal caso, el circuito de comunicaciones 629 solamente puede comunicar al menos uno del valor de la corriente  $I_1$  y el valor de la tensión  $V_1$  y no el valor estandarizado de  $\beta$  para el circuito de comunicaciones 639.

**[0046]** Una vez que la corriente  $I_1$  se aplica a la bobina de transmisión 614, la bobina de transmisión forma el campo inalámbrico 605. El campo inalámbrico 605 puede inducir la corriente de cortocircuito  $I_{2sc}$ , en la bobina de recepción 618, puesto que los terminales de la bobina de recepción 618 están cortocircuitados entre sí. El circuito de detección 635 puede medir el valor de la corriente  $I_{2sc}$ . El circuito de detección 626 puede entonces comunicar el valor de la corriente  $I_{2sc}$  al circuito controlador 638.

**[0047]** En una implementación en la que se mide la tensión de circuito abierto  $V_{oc}$ , el circuito de conmutación 630 puede abrir el circuito de los terminales de la bobina de recepción 618 y el circuito de detección 635 puede medir el valor de la tensión  $V_{oc}$ . El circuito de detección 635 puede entonces comunicar el valor de la tensión  $V_{oc}$  al circuito de control 638.

**[0048]** El circuito controlador 638 puede entonces utilizar la corriente medida  $I_{2sc}$  y el valor recibido de la corriente  $I_1$  para determinar el factor de acoplamiento normalizado  $K_{12}$ , de acuerdo con la ecuación descrita anteriormente  $K_{12} = I_{2sc} / I_1$ . En una implementación en la que se mide la tensión de circuito abierto  $V_{oc}$ , el circuito controlador 638 puede usar la tensión medida  $V_{oc}$  y la tensión recibida  $V_1$  para determinar el factor de acoplamiento normalizado  $K_{12}$ , de acuerdo con la ecuación descrita anteriormente  $K_{12} = V_{oc}/V_1$ . El circuito controlador 638 puede utilizar la relación  $\beta$  y el valor recibido de la corriente  $I_1$  para determinar  $I_{1max}$ , de acuerdo con la ecuación anteriormente descrita  $I_1 = I_{1max}/\beta$ , que se puede reorganizar a  $I_{1max} = \beta I_1$ . El circuito controlador 638 puede utilizar entonces los valores determinados para  $K_{12}$  y  $I_{1max}$  para determinar la máxima corriente de carga de CC para el receptor 608, de acuerdo con la ecuación anteriormente descrita  $I_{dcmax} = 1,1K_{12}I_{1max}$ .

**[0049]** Puede ser deseable determinar si el transmisor 604 es capaz de proporcionar al menos una carga umbral de corriente requerida  $I_{umbral}$  a la batería en una alineación particular. La corriente  $I_{umbral}$  puede ser una corriente predeterminada o conocida relativa a una batería particular o sistema de vehículo. Para efectuar dicha determinación, el circuito de control 638 puede comparar la corriente de cortocircuito  $I_{2sc}$  con la corriente de carga umbral requerida  $I_{umbral}$  dividida por 1,1 veces la relación  $\beta$ , de acuerdo con la desigualdad:

$$I_{2sc} > I_{umbral}/1,1\beta$$

**[0050]** Si  $I_{2sc}$  es mayor que la corriente  $I_{umbral}/1,1\beta$ , el circuito controlador 638 determina que el transmisor 604 puede ser capaz de proporcionar al menos la corriente de carga umbral requerida a la batería 636 usando la alineación actual. El circuito controlador 638 puede dirigir el circuito de comunicaciones 639 para transmitir una indicación para iniciar la carga al circuito de comunicaciones 629 sobre el enlace de comunicaciones 619. El circuito controlador 638 puede proporcionar además una indicación a un conductor del vehículo 401, a través de la interfaz de usuario 650, por ejemplo, y/o a uno o más sistemas que la carga adecuados (por ejemplo, compatibles), es posible en la alineación actual. El circuito de control 638 puede entonces dirigir el circuito de conmutación 630 para retirar la conexión de cortocircuito de la bobina de recepción 618. El circuito de conmutación 630 puede conectar la bobina de recepción 618 al circuito de adaptación 632. La bobina de recepción 618 puede proporcionar ahora potencia a la batería 636 y puede comenzar la carga.

**[0051]** Si  $I_{2sc}$  es menor que la corriente  $I_{umbral}/1,1\beta$ , el circuito controlador 638 determina que el transmisor 604 puede no ser capaz de proporcionar al menos la corriente de carga umbral requerida a la batería 636 con la alineación existente. El circuito controlador 638 puede dirigir el circuito de comunicaciones 639 para transmitir una indicación para no iniciar la carga al circuito de comunicaciones 629 sobre el enlace de comunicaciones 619. El circuito controlador 638 puede proporcionar además una indicación al conductor del vehículo 401 y/o a uno o más otros sistemas, por ejemplo, a través de la interfaz de usuario 650, de que no es posible la carga apropiada (por ejemplo, compatible) en la alineación actual. En tal caso, la bobina de recepción 618 no suministrará potencia a la batería 636 y la carga no comenzará. De esta manera, el transmisor 604 puede recibir indicación de que el sistema 600 está fuera de una zona de alineación o de funcionamiento aceptable (no mostrada) para proporcionar capacidades nominales. El circuito controlador 638 puede determinar la zona de funcionamiento como una zona geométrica sobre, alrededor o cerca de, la bobina de transmisión 614. Dentro de la zona de funcionamiento, cuando la bobina de transmisión 614 es accionada por la corriente primaria  $I_1$ , la corriente de cortocircuito  $I_{2sc}$  de la bobina de recepción 618 será tal que se satisface la desigualdad  $I_{2sc} > I_{umbral}/1,1\beta$ . Más particularmente, el circuito controlador 638 puede definir posiciones dentro de la zona de funcionamiento de la bobina de recepción 618 con respecto a la bobina de transmisión 614 para mantener la satisfacción de la desigualdad  $I_{2sc} > I_{umbral}/1,1\beta$ . Por el

contrario, las posiciones de la bobina de recepción 618 donde la desigualdad no se satisface, están fuera de la zona de funcionamiento. Por lo tanto, algunas implementaciones pueden permitir el establecimiento de la zona de funcionamiento para la bobina de recepción 618 sin ningún conocimiento previo de las características del vehículo o del sistema de carga.

5  
**[0052]** En otra implementación, puede ser deseable determinar si el transmisor 604 es capaz de proporcionar al menos una carga umbral de tensión requerida  $V_{umbral}$  a la batería en una alineación particular. La tensión  $V_{umbral}$  puede ser una corriente predeterminada o conocida relativa a una batería particular o sistema de vehículo. Para realizar dicha determinación, el circuito controlador 638 puede comparar la tensión de circuito abierto  $V_{oc}$  con la  
 10 tensión  $V_{umbral}$  dividida por 1,1 veces la relación  $\beta$ , de acuerdo con la desigualdad:

$$V_{oc} > V_{umbral}/1,1\beta$$

15 **[0053]** Si  $V_{oc}$  es mayor que la tensión  $V_{umbral}/1,1\beta$ , el circuito controlador 638 determina que el transmisor 604 puede ser capaz de proporcionar al menos la tensión de carga umbral requerida a la batería 636 usando la alineación actual. El circuito controlador 638 puede dirigir el circuito de comunicación 639 para transmitir una indicación para iniciar la carga al circuito de comunicación 629 sobre el enlace de comunicación 619. El circuito controlador 638 puede proporcionar además una indicación a un conductor del vehículo 401, y/o a uno o más sistemas que la carga  
 20 adecuados, es posible en la alineación actual. El circuito de control 638 puede entonces dirigir el circuito de conmutación 630 para retirar la conexión de circuito abierto de la bobina de recepción 618. El circuito de conmutación 630 puede conectar la bobina de recepción 618 al circuito de adaptación 632. La bobina de recepción 618 puede proporcionar ahora potencia a la batería 636 y puede comenzar la carga.

25 **[0054]** Si  $V_{oc}$  es menor que la tensión  $V_{umbral}/1,1\beta$ , el circuito controlador 638 determina que el transmisor 604 puede no ser capaz de proporcionar al menos la tensión de carga umbral requerida a la batería 636 con la alineación existente. El circuito controlador 638 puede dirigir el circuito de comunicación 639 para transmitir una indicación para no iniciar la carga al circuito de comunicación 629 sobre el enlace de comunicación 619. El circuito controlador 638 puede proporcionar además una indicación al conductor del vehículo 401, y/o a uno o más sistemas que la carga  
 30 adecuados, no es posible en la alineación actual. En tal caso, la bobina de recepción 618 no suministrará potencia a la batería 636 y la carga no comenzará. De esta manera, el transmisor 604 puede recibir indicación de que el sistema 600 está fuera de la zona de alineación o de funcionamiento aceptable para proporcionar capacidades nominales similares a las descritas anteriormente con respecto a la corriente de cortocircuito  $I_{2sc}$  anterior.

35 **[0055]** De acuerdo con la descripción anterior, el circuito controlador 638 puede determinar la corriente o tensión de salida máxima posible para cualquier posición de la bobina de recepción 618 con respecto a la bobina de transmisión 614. El circuito controlador 638 puede realizar dicha determinación antes de suministrar corriente a la batería 636. En otra implementación, el circuito controlador 638 puede realizar esta determinación durante la carga de la batería 636. En otra implementación más, el circuito controlador 638 puede realizar tal determinación mientras el conductor del vehículo 401 está conduciendo el vehículo 401 hacia un espacio para cargar. Tales  
 40 implementaciones pueden proporcionar un mecanismo de seguridad para asegurar que la corriente de carga y/o la tensión permanezcan dentro de los límites de seguridad durante el ciclo de carga.

45 **[0056]** Por ejemplo, en ciertas condiciones, el sobreacoplamiento entre la bobina de transmisión 614 y la bobina de recepción 618 puede causar tensiones indeseables en uno o ambos del transmisor 604 y del receptor 608. El circuito controlador 638 en el receptor 608 o el circuito controlador 628 en el transmisor 604 puede detectar tal sobreacoplamiento. El circuito controlador 638 en el receptor 608 o el circuito controlador 628 en el transmisor 604 pueden tomar una acción correctiva en respuesta a la detección del sobreacoplamiento. Esta acción correctiva puede incluir la reducción del acoplamiento  $K_{12}$ , la reducción de la corriente de accionamiento  $I_1$ , proporcionando una  
 50 indicación a través de la interfaz de usuario 650 para ajustar la alineación, el cierre de alimentación a la batería 636 en el lado del receptor 608, y/o el cierre alimentación de la bobina de transmisión 614 en el lado del transmisor 604.

55 **[0057]** Como se ha descrito anteriormente, el circuito controlador 638 puede determinar el factor de acoplamiento  $K_{12}$  para cada bobina de recepción 618 utilizando mediciones de la corriente de cortocircuito  $I_{2sc}$ , o la tensión de circuito abierto  $V_{oc}$  de acuerdo con las ecuaciones antes mencionadas  $K_{12} = I_{2sc}/I_1$  and  $K_{12} = V_{oc}/V_1$ , respectivamente. En otras implementaciones, el circuito controlador 638 puede determinar el factor de acoplamiento  $K_{12}$  durante la carga de acuerdo con la ecuación de conversión de corriente CC a corriente de cortocircuito mencionada anteriormente  $I_{2sc} = I_{dc}/1,1$ . Debido a que el circuito controlador 638 puede determinar el factor de acoplamiento  $K_{12}$  durante la calibración antes de la carga y durante la carga, el circuito controlador 638 puede monitorizar continuamente el factor de acoplamiento  $K_{12}$ . El circuito controlador 638 puede entonces comparar el factor de  
 60 acoplamiento  $K_{12}$  determinado con un factor de acoplamiento máximo  $K_{12max}$  de acuerdo con la desigualdad:

$$K_{12} > K_{12max}$$

65 **[0058]** El circuito controlador 638 puede determinar un factor de acoplamiento máximo  $K_{12max}$ . Alternativamente, el circuito controlador 638 puede acceder a un valor de  $K_{12max}$  almacenado en una memoria (no mostrada) accesible al circuito controlador 638. Si se satisface la desigualdad anterior, el circuito controlador 638 puede determinar un

estado de sobreacoplamiento. El circuito controlador 638 puede entonces hacer que se realice una de las acciones correctivas mencionadas anteriormente.

5 **[0059]** La figura 7 es un diagrama esquemático de una porción de los circuitos de recepción de la figura 6 de acuerdo con una implementación de ejemplo de la invención. La figura 7 muestra la bobina de recepción 618 conectada eléctricamente al circuito de conmutación 630. El circuito de conmutación 630 puede incluir un conmutador 731 y un conmutador 732. Un primer terminal del conmutador 731 está conectado eléctricamente a un primer terminal de la bobina de recepción 618 y al circuito de adaptación 632. Un segundo terminal del conmutador 731 está conectado eléctricamente al circuito de detección. Un primer terminal del conmutador 732 está conectado eléctricamente a un segundo terminal de la bobina de recepción 618 y al circuito de detección. Un segundo terminal del conmutador 732 está conectado eléctricamente al circuito de adaptación. Aunque la bobina de recepción 618 se muestra como conectada al circuito de conmutación 630, uno o más componentes del circuito de resonancia pueden estar conectados entre la bobina de recepción 618 y el circuito de conmutación 630, como se representa mediante las líneas de trazos. Al cerrar el conmutador 731, se cortocircuitan los terminales de la bobina de recepción 618 a través del circuito de detección 635. La apertura del conmutador 732 desconecta efectivamente la bobina de recepción 618 del circuito de adaptación 632. La apertura del conmutador 732 también desconecta de manera efectiva la batería 636 (no mostrada), situada más abajo del circuito de adaptación 632. Cuando la medición de la corriente de cortocircuito  $I_{2sc}$  no sería indicativa del potencial de la fuente de alimentación, el circuito de detección 635 puede medir una tensión de circuito abierto a través de los terminales de la bobina de recepción 618. En una implementación de este tipo, el conmutador 731 y el conmutador 732 pueden ambos ser abiertos de modo que el circuito de conmutación 630 pueda medir la tensión de circuito abierto a través del primer terminal y del segundo terminal de la bobina de recepción 618. Aunque el circuito de conmutación 630 se muestra situado entre la bobina de recepción 618 y el circuito de adaptación 632, la presente solicitud no está limitada de esta manera. Por ejemplo, para ciertas topologías de sintonización, el circuito de conmutación 630 puede estar situado después del circuito de adaptación 632 mientras pueda realizarse o inferirse una medición eficaz de la corriente de cortocircuito  $I_{2sc}$  o de la tensión de circuito abierto  $V_{oc}$ .

30 **[0060]** La figura 8 ilustra un diagrama de flujo de un procedimiento para la detección de alineación y compatibilidad para un sistema inalámbrico de transferencia de potencia, de acuerdo con una implementación de ejemplo. El procedimiento del diagrama de flujo 800 se describe en el presente documento con referencia al sistema de transferencia inalámbrica de potencia 600, tal como se ha descrito anteriormente en conexión con la figura 6. En una implementación, una o más de las etapas en el diagrama de flujo 800 pueden realizarse mediante un controlador, tal como, por ejemplo, el circuito controlador 638 de la figura 6. Aunque el procedimiento del diagrama de flujo 800 se describe en el presente documento con referencia a un orden particular, en diversos modos de realización, las etapas en el presente documento pueden realizarse en un orden diferente, u omitirse, y pueden añadirse etapas adicionales.

40 **[0061]** En la etapa 802, el procedimiento comienza. El procedimiento continúa en la etapa 804 alineando una bobina de recepción de un receptor de potencia inalámbrico con una bobina de transmisión de un transmisor de carga inalámbrico. Por ejemplo, el vehículo 401 puede estar alineado de tal manera que la bobina de recepción 418 del receptor 408 esté sustancialmente alineada sobre la bobina de transmisión 414 del transmisor 404, como se ha descrito anteriormente en relación con la figura 5.

45 **[0062]** En la etapa 806, el procedimiento incluye recibir información asociada con al menos una característica del transmisor de carga sobre un primer enlace de comunicaciones. Por ejemplo, el circuito de comunicaciones 639 puede recibir el valor de al menos uno de la corriente  $I_1$  y la tensión  $V_1$  desde el circuito de comunicaciones 629 del transmisor 604 a través del enlace de comunicaciones 619. En otra realización, la información representativa de al menos uno del valor de la corriente  $I_1$  o la tensión  $V_1$  puede recibirse sobre el enlace de comunicaciones 619. Al menos uno de los valores de la corriente  $I_1$  y del valor de la tensión  $V_1$  puede determinarse sobre la base de la señal de información, por ejemplo mediante una tabla de búsqueda en memoria o consultando un servicio de datos (no mostrado).

50 **[0063]** En la etapa 808, el procedimiento incluye la obtención de un valor de  $\beta$  sobre el primer enlace de comunicaciones. Por ejemplo, el circuito de comunicaciones 639 puede recibir la relación  $\beta$  desde el circuito de comunicaciones 629 del transmisor 604 sobre el enlace de comunicaciones 619. El enlace de comunicaciones 619 puede ser cualquier tipo de enlace de comunicaciones incluyendo, pero no limitado a, Bluetooth, Zigbee o celular. En otra implementación, la relación  $\beta$  puede ser ya conocida, como un valor estandarizado. En una implementación de este tipo, el circuito de comunicaciones 639 puede no recibir la relación  $\beta$  sobre el enlace de comunicaciones 619, pero en su lugar puede determinarse  $\beta$  a partir de una memoria o consultar un servicio de datos conocido (no mostrado).

55 **[0064]** El procedimiento puede continuar en la etapa 810, que incluye la medición del valor de un parámetro de funcionamiento asociado a la bobina de recepción 618. Por ejemplo, el circuito de detección 635 puede medir la corriente de cortocircuito  $I_{2sc}$  a través de la bobina de recepción 618, como se ha descrito anteriormente en relación con las figuras 6 y 7. En otra realización, el circuito de detección 635 puede medir la tensión de circuito abierto  $V_{oc}$  a través de la bobina de recepción 618, como se ha descrito anteriormente en relación con las figuras 6 y 7.

**[0065]** En la etapa 812, el procedimiento continúa mediante la comparación del valor de parámetro a un parámetro de carga umbral suficiente para cargar la carga. El circuito controlador 638 puede realizar la comparación entre la corriente  $I_{2SC}$  y la corriente de carga umbral requerida  $I_{umbral}$  dividida por 1,1 veces  $\beta$ . Si  $I_{2SC}$  es mayor que la corriente de carga umbral  $I_{umbral}/1,1\beta$ , el transmisor 604 puede ser capaz de proporcionar al menos la mínima corriente de carga requerida a la batería 636 con la alineación actual. En tal caso, el procedimiento puede continuar con la etapa 814, que incluye la transmisión de una indicación para iniciar la carga sobre el primer enlace de comunicaciones. Por ejemplo, el circuito de comunicaciones 639 puede transmitir una indicación para iniciar la carga al circuito de comunicaciones 629 a través del enlace de comunicaciones 619. En este punto, el procedimiento puede terminar con la etapa final 818.

**[0066]** Volviendo al bloque de decisión 812, si  $I_{2sc}$  no es mayor que la corriente de carga umbral requerida  $I_{umbral}/1,1\beta$ , el receptor 608 puede considerarse como incompatible con el transmisor 604 en la alineación actual. El transmisor 604 puede no ser capaz de proporcionar al menos la corriente de carga mínima requerida a la batería 636 con la alineación actual. En tal caso, el procedimiento puede continuar con la etapa 816, que incluye la transmisión de una indicación para no iniciar la carga sobre el primer enlace de comunicaciones. Por ejemplo, el circuito de comunicaciones 639 puede transmitir una indicación para no iniciar la carga al circuito de comunicaciones 629 a través del enlace de comunicaciones 619. En otra implementación, el circuito de comunicaciones 639 no puede transmitir ninguna indicación y la carga no comenzará. En otra realización más, el circuito de comunicaciones 639 puede transmitir una indicación de que la bobina de recepción 618 está fuera de una zona de alineación o de funcionamiento aceptable y/o no podrá proporcionar potencia nominal. En este punto, el procedimiento puede terminar con la etapa final 818.

**[0067]** En otra implementación, donde se mide la tensión de circuito abierto  $V_{oc}$  en lugar de la corriente de cortocircuito  $I_{2SC}$ , la etapa 812 puede incluir que el circuito controlador 638 realice la comparación entre la tensión  $V_{oc}$  y la tensión de carga umbral requerida  $V_{umbral}$  dividida por 1,1 veces  $\beta$ . Si  $V_{oc}$  es mayor que la tensión de carga umbral  $V_{umbral}/1,1\beta$ , el transmisor 604 puede ser capaz de proporcionar al menos la mínima tensión de carga requerida a la batería 636 con la alineación actual. Si  $V_{oc}$  es menor que la tensión de carga umbral requerida  $V_{umbral}/1-1\beta$ , el receptor 608 puede ser considerado como incompatible con el transmisor 604 en la alineación actual. El transmisor 604 puede no ser capaz de proporcionar al menos la tensión de carga mínima requerida a la batería 636 con la alineación actual.

**[0068]** La figura 9 ilustra un diagrama de flujo de otro procedimiento para la detección de alineación y compatibilidad para un sistema inalámbrico de transferencia de potencia, de acuerdo con una implementación de ejemplo. El procedimiento del diagrama de flujo 900 se describe en el presente documento con referencia al sistema de transferencia inalámbrica de potencia 600, tal como se ha descrito anteriormente en conexión con la figura 6. En una implementación, una o más de las etapas en el diagrama de flujo 900 pueden realizarse mediante un controlador, tal como, por ejemplo, el circuito controlador 628 de la figura 6. Aunque el procedimiento del diagrama de flujo 900 se describe en el presente documento con referencia a un orden particular, en diversos modos de realización, las etapas en el presente documento pueden realizarse en un orden diferente, u omitirse, y pueden añadirse etapas adicionales.

**[0069]** En la etapa 902, el procedimiento comienza. En la etapa 904, el procedimiento continúa ajustando una corriente de una bobina de transmisión a una relación  $\beta$  con respecto a una corriente máxima de la bobina de transmisión. Por ejemplo, el circuito de transmisión 606 y/o el circuito de control 628 pueden establecer la corriente  $I_1$  de manera que tenga una relación predeterminada  $\beta$  con respecto a la corriente máxima  $I_{1max}$ . En una implementación, un circuito de detección (no mostrado) puede medir la corriente  $I_1$  aplicada a la bobina de transmisión 614. El circuito de detección puede comunicar la medición al circuito controlador 628. En otra implementación, la tensión a través de la bobina de transmisión puede ajustarse a la relación  $\beta$  con respecto a una tensión máxima de la bobina de transmisión. Por ejemplo, el circuito de transmisión 606 y/o el circuito de control 628 pueden establecer la tensión  $V_1$  de manera que es una relación predeterminada  $\beta$  con respecto a la tensión máxima  $V_{1max}$ . El circuito de detección (no mostrado) puede medir la tensión  $V_1$  aplicada a la bobina de transmisión 614. El circuito de detección puede comunicar la medición al circuito controlador 628.

**[0070]** En la etapa 906, el procedimiento continúa transmitiendo el valor de la corriente de la bobina de transmisión sobre un primer enlace de comunicaciones. Por ejemplo, el circuito controlador 628 puede dirigir el circuito de comunicaciones 629 para comunicar el valor de la corriente  $I_1$  al circuito de comunicaciones 629. En otra realización, el valor de la tensión de transmisión se puede transmitir a través del primer enlace de comunicaciones. Por ejemplo, el circuito controlador 628 puede dirigir el circuito de comunicaciones 629 para comunicar el valor de la tensión  $V_1$  al circuito de comunicaciones.

**[0071]** En la etapa 908, el procedimiento continúa proporcionando la relación  $\beta$  sobre el primer enlace de comunicaciones. Por ejemplo, el circuito controlador 628 puede dirigir el circuito de comunicaciones 629 para transmitir la relación  $\beta$  al circuito de comunicaciones 639 sobre el enlace de comunicaciones 619.

**[0072]** En este punto del diagrama de flujo 900, el procedimiento puede incluir un bloque de decisión 910, en

relación con el bloque de decisión 812 del diagrama de flujo 800 como se describe anteriormente. Si  $I_{2SC}$  se determina que es mayor que  $I_{umbral}/1,1\beta$ , el procedimiento puede continuar con la etapa 912, que incluye la recepción de una indicación para iniciar la carga sobre el primer enlace de comunicaciones. Por ejemplo, el circuito de comunicaciones 629 puede recibir tal indicación para iniciar la carga desde el circuito de comunicaciones 639 a través del enlace de comunicaciones 619. En tal caso, el procedimiento puede continuar con la etapa 914, que puede incluir iniciar la carga. Por ejemplo, el circuito controlador 628 puede dirigir el circuito de transmisión 606 para aumentar la corriente  $I_1$  al mínimo requerido de corriente de carga para iniciar la carga. En este punto, el procedimiento puede terminar con la etapa final 920.

10 **[0073]** Volviendo al bloque de decisión 910, si  $I_{2SC}$  no es mayor que  $I_{umbral}/1,1\beta$ , el procedimiento puede continuar con la etapa 916, que incluye la recepción de una indicación de no iniciar la carga sobre el enlace de comunicaciones. Por ejemplo, el circuito de comunicaciones 629 puede recibir una indicación de no iniciar la carga desde el circuito de comunicaciones 639 a través del enlace de comunicaciones 619. En tal caso, el procedimiento puede continuar con la etapa 920, que puede incluir no iniciar la carga. Por ejemplo, el circuito controlador 628 puede dirigir el circuito de transmisión 606 para continuar para producir la corriente  $I_1$  en la fracción anterior de la corriente máxima  $I_{1max}$ , que puede ser menor que la corriente de carga mínima requerida. En otra implementación, el circuito controlador 628 puede dirigir el circuito de transmisión 606 para dejar de producir la corriente  $I_1$  en conjunto. En otra implementación adicional, el circuito de comunicaciones 639 puede transmitir una indicación de que la bobina de recepción 618 está fuera de una zona de alineación aceptable y/o será incapaz de proporcionar la corriente de carga mínima requerida. En este punto, el procedimiento puede terminar con la etapa final 920.

15 **[0074]** En otra implementación, donde  $V_{oc}$  se mide en lugar de  $I_{2SC}$ , el bloque de decisión 910 puede determinar si  $V_{oc}$  es mayor que  $V_{umbral}/1,1\beta$ . Si es así, el procedimiento puede continuar a la etapa 912, que incluye recibir una indicación para iniciar la carga sobre el primer enlace de comunicaciones. El procedimiento puede progresar como se ha descrito anteriormente. Si  $V_{oc}$  es menor que  $V_{umbral}/1,1\beta$ , el procedimiento puede continuar con la etapa 916 como se describe anteriormente.

20 **[0075]** La figura 10 muestra un sistema inalámbrico de transferencia de potencia 1000 que comprende un sistema de transmisión de potencia 1002 y un sistema de recepción de potencia 1004 de acuerdo con una implementación de ejemplo. En un aspecto de varios modos de realización descritos en el presente documento, el sistema inalámbrico de transferencia de potencia 1000 puede proporcionar interoperabilidad entre diferentes receptores y transmisores. Por ejemplo, una realización particular proporciona una interfaz entre el receptor y el transmisor que utiliza un pequeño conjunto de información (por ejemplo, simplemente una solicitud de corriente de base) de una manera genérica (por ejemplo, niveles normalizados/relativos). A menos que se indique lo contrario, cada componente dentro del sistema de transferencia de potencia inalámbrica 1000 puede tener sustancialmente la misma funcionalidad que el componente respectivo como se ha descrito anteriormente en relación con las figuras 2, 6, 7.

30 **[0076]** El sistema de transmisión de potencia 1002 ilustrado incluye una fuente de alimentación, interfaz, o infraestructura 1006, una unidad de control base (BCU), un bloque de corrección del factor de potencia (PFC) 1008, un inversor de BCU 1010, una almohadilla de base 1012, una antena de comunicaciones opcional (tal como una antena Bluetooth 1014), un bloque de decisión 1015, un controlador de corriente de base 1016, un controlador de bus de CC 1018 y un limitador de corriente 1020. El bloque PFC de BCU 1008 y el inversor de BCU 1010 pueden corresponder al controlador 624 y la red de filtrado/adaptación 626 de la figura 6. La almohadilla de base 1012 puede corresponder a la bobina de transmisión 614 de la figura 6, pero se apreciará que la almohadilla de base 1012 no necesita tener una configuración de almohadilla o de bobina. Es decir, se puede seleccionar y utilizar cualquier antena de potencia adecuada que genere un campo inalámbrico a un nivel suficiente para cargar o alimentar el dispositivo a cargar. El bloque de decisión 1015, el controlador de corriente de base 1016, el controlador de bus de CC 1018 y el limitador de corriente 1020 pueden corresponder al circuito de controlador 628 de la figura 6. La antena de comunicaciones opcional (tal como una antena Bluetooth 1014) puede corresponder al circuito de comunicaciones 629 de la figura 6.

45 **[0077]** El sistema de recepción de potencia 1004 puede incluir una almohadilla secundaria 1022, un sintonizador/rectificador 1024, un filtro de salida 1026, un dispositivo principal 1028, un bloque de control de curva de carga 1030, un controlador de corriente secundaria 1032, un controlador de configuración secundaria 1034, y una antena de comunicaciones opcional (tal como una antena Bluetooth 1036). La almohadilla secundaria 1022 puede corresponder a la bobina de recepción 618 de la figura 6, pero se apreciará que la almohadilla secundaria 1022 no necesita tener una configuración de almohadilla o de bobina. Es decir, se puede seleccionar y utilizar cualquier antena de potencia adecuada que puede recibir un campo inalámbrico a un nivel suficiente para cargar o alimentar el dispositivo a cargar. Adicionalmente o alternativamente, la almohadilla secundaria 1022 puede incluir una o más antenas (no mostradas) que se pueden activar selectivamente (por ejemplo, conectadas a la carga). El sintonizador/rectificador 1024 y el filtro de salida 1026 pueden corresponder al circuito de conmutación 630, al circuito de adaptación 632, al circuito rectificador 634 y al circuito de detección 635 de la figura 6. Adicionalmente o alternativamente, el sintonizador/rectificador 1024 y el filtro de salida 1026 pueden proporcionar una corriente de salida de nivel variable basada en una corriente de almohadilla secundaria  $I_{secundaria}$  y una señal de control de configuración  $D_s$ . El bloque de control de curva de carga 1030, el controlador de corriente secundaria 1032 y el

controlador de configuración secundario 1034 pueden corresponder al circuito controlador 638 de la figura 6. La antena de comunicaciones opcional (tal como una antena Bluetooth 1036) puede corresponder al circuito de comunicaciones 639 de la figura 6.

5 **[0078]** La infraestructura 1006 se puede configurar para proporcionar una corriente de potencia  $I_{ac}$ . La infraestructura 1006 puede corresponder a una o más de una red eléctrica, una o más baterías, paneles solares o fuentes de energía eléctrica similares configuradas para proporcionar una corriente de potencia  $I_{ac}$ . En el sistema de transmisor de potencia 1002 ilustrado, la infraestructura 1006 está acoplada operativamente al bloque BCU PFC 1008 y proporciona al bloque BCU PFC 1008 la corriente de potencia  $I_{ac}$ .

10 **[0079]** El BLOQUE BCU PFC 1008 puede estar configurado para recibir la corriente de potencia  $I_{ac}$  y una señal de polarización comandada  $V_{DC,CMD}$  y configurado para proporcionar una señal de polarización  $V_{DC}$  y una medición  $y_{ac}$  de la corriente de potencia  $I_{ac}$ . En el sistema de transmisión de potencia 1002 ilustrado, el bloque BCU PFC 1008 recibe la corriente de potencia  $I_{ac}$  desde la infraestructura, recibe la señal de polarización comandada  $V_{DC,CMD}$  desde el controlador de bus CC 1018, proporciona la polarización  $V_{DC}$  al inversor BCU, y proporciona la señal de medición  $y_{ac}$  al limitador de corriente 1020.

15 **[0080]** El inversor BCU se puede configurar para recibir la polarización  $V_{CC}$  y una señal de control de fase  $\theta$  (o "ángulo de conducción") y para generar una corriente de antena de transmisión  $I_{base}$  (o "corriente de la almohadilla de base"). Por ejemplo, el inversor BCU puede generar la corriente de antena de transmisión  $I_{base}$  basada al menos en la polarización  $V_{DC}$  y/o en la señal de control de fase  $\theta$ . En la realización ilustrada, el inversor BCU recibe la polarización  $V_{DC}$  desde el bloque BCU PFC 1008, recibe la señal de control de fase  $\theta$  del controlador de corriente base 1016, y proporciona la almohadilla de base 1012 de la corriente de la antena de transmisión  $I_{base}$ .

20 **[0081]** En un aspecto, el bloque BCU PFC 1008 se puede utilizar para evitar corrientes excesivas de la red de suministro eléctrico debido a la tensión y a la corriente fuera de fase, para evitar la distorsión armónica debido a otras porciones del circuito (por ejemplo, la acción de conmutación de un rectificador), y para filtrar la potencia de la red a 50/60 Hz. La tensión continua del BLOQUE BCU PFC 1008 se puede suministrar al inversor BCU, cuya salida se puede denominar corriente de puente o corriente de base. La magnitud de la parte fundamental de la salida del inversor BCU depende de la tensión de polarización CC  $V_{DC}$  recibida desde el BLOQUE BCU PFC 1008 y de la señal de control de fase  $\theta$  (que puede tomar cualquier valor de 0° a 180°) del puente inversor de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$V_i = \frac{4V_{DC}}{\pi} \sin\left(\frac{\theta}{2}\right). \quad (\text{Eqn. 6})$$

35 **[0082]** En la Ecuación 6, la señal de control de fase  $\theta$  puede corresponder a un ciclo de trabajo. Una señal de control de fase  $\theta$  mayor corresponde a más tiempo en el que se suministra potencia. Una señal de control de fase  $\theta$  inferior se traduce en una tensión más baja y una corriente más alta para la misma potencia. Las señales de control de fase  $\theta$  inferiores requieren corrientes más altas. En algunas implementaciones, el inversor BCU funciona con señales de control de fase  $\theta$  superiores a 90°. Evitar señales de control de fase  $\theta$  inferiores y sus corrientes más altas asociadas puede reducir la tensión del componente. Si el convertidor BCU se ejecuta a aproximadamente 130°, entonces se puede reducir la distorsión armónica total (THD) de la tensión de salida. A medida que el inversor BCU aumenta la señal de control de fase  $\theta$  de 120° a aproximadamente 130°, aumentan los armónicos de tercer orden a medida que disminuyen los armónicos de quinto orden. THD no varía mucho entre 120° y 130°, y aumenta lentamente cuando se aproxima a 140°. Algunas implementaciones funcionan en el intervalo de 115° a 140°.

40 **[0083]** La almohadilla de base 1012 se puede configurar para recibir la corriente antena de transmisión  $I_{base}$  y para generar un campo inalámbrico para transmitir potencia. En algunos modos de realización, la almohadilla de base 1012 se puede configurar para proporcionar una medición  $y_{base}$  indicativa del nivel de la corriente de antena de transmisión  $I_{base}$ . La señal de medición  $y_{base}$  puede corresponder a cualquier característica adecuada, no necesariamente una corriente, que está relacionada con la corriente de antena de transmisión  $I_{base}$ . Por ejemplo, las características de la muestra pueden incluir tensiones detectadas, corrientes auxiliares, impedancias, campos electromagnéticos, en las características similares. En la realización ilustrada, la almohadilla de base 1012 recibe la corriente de la antena de transmisión  $I_{base}$  desde el inversor BCU y proporciona la medición  $y_{base}$  al controlador de corriente de base 1016 y/o a la antena Bluetooth 1014. La almohadilla de base 1012 puede incluir una o más antenas, incluyendo antenas de bobina, antenas planas, y dispositivos similares para generar un campo inalámbrico suficiente para dispositivos de alimentación y/o carga.

50 **[0084]** La antena de comunicaciones opcional, tal como una antena Bluetooth 1014, del sistema de transmisión de potencia 1002 puede estar configurada para recibir uno o más tipos de comunicaciones. Por ejemplo, la antena de comunicaciones puede configurarse para recibir señales, tal como una señal de solicitud de corriente  $I_{baseIn}$ , y puede configurarse para transmitir señales, tales como una señal de medición  $y_{base}$ . Se apreciará que no se requiere una antena separada de la almohadilla de base 1012 para la comunicación. En su lugar, el sistema de transmisión de potencia 1002 y el sistema de recepción de potencia 1004 pueden comunicarse, por ejemplo, mediante señalización

en banda entre la almohadilla de base 1012 y la almohadilla secundaria 1022, utilizando canales unidireccionales o bidireccionales. Además, la comunicación puede realizarse mediante enlaces físicos (tales como, rutas de comunicaciones de datos cableadas interconectadas) además o de forma alternativa a la comunicación inalámbrica.

5 **[0085]** La señal de solicitud de corriente  $I_{baseIn}$  se puede utilizar para controlar la cantidad de corriente que se extiende a través de la almohadilla de base 1012, y a su vez, la resistencia del campo inalámbrico. Por ejemplo, el sistema de recepción de potencia 1004 puede configurarse para controlar la antena de transmisión transmitiendo la señal de solicitud de corriente  $I_{baseIn}$  al sistema de transmisión de potencia 1002 a través de comunicaciones Bluetooth. La señal de solicitud de corriente  $I_{baseIn}$  puede ser indicativa de un nivel de referencia de corriente para la antena de transmisión. El "nivel de referencia" puede significar el "nivel objetivo", "nivel ordenado", "valor deseado" o la descripción similar que indica el nivel (normalizado) de la corriente de base que el receptor de potencia está pidiendo que realice la almohadilla base. Por ejemplo, la señal de solicitud de corriente  $I_{baseIn}$  puede ser indicativa de una cantidad de corriente proporcional a, o normalizada por, un valor predeterminado. La señal de solicitud de corriente normalizada puede indicar que la corriente de almohadilla de base  $I_{base}$  debe ajustarse, en la medida de lo posible, de acuerdo con la señal de solicitud de corriente  $I_{baseIn}$ . El valor predeterminado puede corresponder a un nivel de corriente (por ejemplo, un límite superior de la corriente de almohadilla de base debido a la seguridad, normas y/o requisitos/objetivos similares) de un protocolo de transmisión de potencia. El protocolo de transmisión de potencia puede corresponder a cualquier estándar adecuado.

20 **[0086]** En funcionamiento, el sistema receptor de potencia 1004 puede recibir una solicitud como un factor o relación,  $\beta$ . La solicitud puede ser relativa a un nivel de corriente predeterminado, tal como algún porcentaje del límite de funcionamiento de la almohadilla base 1012, por ejemplo, -10 %, 30 %, 40 %, 57 %, 90 %, 100 % o 110 % de una corriente de base "máxima", en contraste con una solicitud para un cierto nivel de corriente especificado, tal como una cantidad especificada de amperios.

25 **[0087]** En algunos modos de realización, el sistema de recepción de energía 1004 puede no tener acceso al nivel de corriente predeterminado para el sistema de transmisión de potencia 1002 respectivo. Como se describirá, los controladores del sistema de recepción de potencia 1004 pueden ser efectivos para compensar el nivel de corriente predeterminado desconocido. Además, los controladores del sistema de recepción de potencia 1004 pueden ser efectivos para detectar las capacidades del sistema de transmisión de potencia y para ajustar la señal de solicitud de corriente  $I_{baseIn}$  de modo que no dañen el sistema de transmisión de potencia 1002. Además, los controladores (por ejemplo, el limitador de corriente 1020) del sistema de transmisión de potencia 1002 pueden ser eficaces para impedir que el transmisor de potencia se sitúe en puntos de funcionamiento que pueden dañar el sistema de transmisión de potencia 1002. En consecuencia, pedir una cantidad relativa de corriente, opuesta a una cantidad absoluta, tal como se describe en el presente documento, puede ayudar a mejorar la interoperabilidad entre diversos tipos de sistemas de transmisión de potencia 1002 y diversos tipos de sistemas de recepción de potencia 1004, simplificando al mismo tiempo el proceso de transferencia inalámbrica de potencia.

40 **[0088]** El bloque de decisión 1015 se puede configurar para recibir la señal de solicitud de corriente  $I_{baseIn}$  y la señal de límite superior  $I_{baseBound}$  como entradas, y para generar la señal de solicitud de corriente limitada  $I_{baseIn}^*$  como una salida. Por ejemplo, en el modo de realización ilustrado, el bloque de decisión 1015 está acoplado operativamente a la antena Bluetooth 1014 opcional para recibir la señal de solicitud de corriente  $I_{baseIn}$ . El bloque de decisión 1015 ilustrado está acoplado operativamente al limitador de corriente 1020 para recibir la señal de límite superior  $I_{baseBound}$ . El bloque de decisión 1015 ilustrado está acoplado operativamente al controlador de corriente de base 1016 para proporcionar la corriente limitada.

50 **[0089]** En funcionamiento, el bloque de decisión 1015 puede configurarse para generar la señal limitada de solicitud de corriente  $I_{baseIn}^*$  en base a la señal de solicitud de corriente  $I_{baseIn}$  y a la señal de límite superior  $I_{baseBoundIn}$ . En una realización, el bloque de decisión 1015 puede configurarse para emitir la señal de solicitud de corriente limitada  $I_{baseIn}^*$  como siendo sustancialmente igual a la señal de solicitud de corriente  $I_{baseIn}$  si la señal de solicitud de corriente  $I_{baseIn}$  es menor que la señal de límite superior  $I_{baseBound}$  y para emitir la señal de solicitud de corriente limitada  $I_{baseIn}^*$  como siendo sustancialmente igual a la señal de límite superior  $I_{baseBound}$  en caso contrario.

55 **[0090]** El controlador de corriente de base 1016 se puede configurar para recibir la medición  $y_{base}$  de la corriente de antena de transmisión  $I_{base}$  y una señal de solicitud de corriente  $I_{baseIn}$  (o, alternativamente la señal de solicitud de corriente limitada  $I_{baseIn}^*$ ), y configurado, además, para generar una señal de control de fase  $\theta$  para ajustar el nivel de potencia del campo inalámbrico generado por la almohadilla de base 1012. En la realización ilustrada, el controlador de corriente de base 1016 está acoplado operativamente a la almohadilla de base 1012, a la antena Bluetooth 1014 opcional, al bloque de decisión 1015, al inversor BCU y al controlador de bus de CC 1018. El controlador de corriente de base 1016 genera la señal de control de fase  $\theta$  en base a la señal de medición  $y_{base}$  y a la señal de solicitud de corriente limitada  $I_{baseIn}^*$ . En algunas realizaciones, la señal de solicitud de corriente limitada  $I_{baseIn}^*$  corresponde a una versión de la señal de solicitud de corriente  $I_{baseIn}$  que es menor que aproximadamente una señal de límite superior  $I_{baseBound}$ , por ejemplo, generada por el limitador de corriente 1020. El controlador de corriente de base 1016 se describirá con mayor detalle en conexión con la figura 13.

65 **[0091]** El controlador de bus CC 1018 está configurado para recibir la señal de control de fase  $\theta$  y una fase de

referencia  $\theta_R$  como entradas, y está configurado además para generar la señal de polarización comandada  $V_{DC,CMD}$  como una salida. En la realización ilustrada, el controlador de bus CC 1018 puede proporcionar la señal de polarización comandada  $V_{DC,CMD}$  al bloque BCU PFC 1008 y puede recibir la señal de control de fase  $\theta$  desde el controlador de corriente de base 1016. El controlador de bus CC 1018 puede generar la señal de polarización comandada  $V_{DC,CMD}$  basada en una comparación de la señal de control de fase  $\theta$  y la fase de referencia. El controlador de bus CC 1018 se describirá con mayor detalle en conexión con la figura 14.

**[0092]** El limitador de corriente 1020 puede configurarse para recibir una señal de referencia de CA  $AC Ref$  y una medición  $y_{ac}$  de la corriente de potencia  $I_{ac}$  suministrada al bloque BCU PFC 1008. El limitador de corriente 1020 puede configurarse adicionalmente para generar la señal de límite superior  $I_{baseBound}$  basada en una comparación de la señal de referencia CA con la señal de medición  $y_{ac}$ . La señal de referencia CA  $AC Ref$  puede ser una señal exógena que representa una corriente de potencia a polarizar (por ejemplo, preferir). El limitador de corriente 1020 se describirá con mayor detalle más adelante con referencia a la figura 15.

**[0093]** Volviendo ahora al sistema de recepción de potencia 1004 de la figura 10, la almohadilla de vehículo puede configurarse para acoplarse al campo inalámbrico generado por la almohadilla de base 1012 y configurada para generar la corriente  $I_{secundaria}$  basada en el campo inalámbrico. La almohadilla secundaria 1022 puede corresponder, por ejemplo, a la bobina de inducción de vehículo eléctrico 116 de la figura 1. La corriente  $I_{secundaria}$  puede proporcionarse a los bloques de sintonización/rectificación 1024 y del filtro de salida 1026 para generar una corriente de salida  $I_{OUT}$ . El bloque de sintonización/rectificación 1024 puede incluir circuitos configurados para variar la impedancia en la almohadilla secundaria 1022 para variar el acoplamiento entre la almohadilla de base 1012 y la almohadilla secundaria 1022. El bloque de sintonización/rectificación 1024 puede incluir un circuito configurado para convertir y/o regular la corriente  $I_{secundaria}$ . El filtro de salida 1026 puede incluir un circuito para filtrar la corriente rectificadas  $I_{secundaria}$  en una señal adecuada para cargar y/o alimentar el dispositivo central 1028.

**[0094]** El dispositivo central 1028 puede estar configurado para recibir una corriente de salida para cargar o alimentar el dispositivo central 1028. Ejemplos de variantes del dispositivo central 1028 incluyen vehículos eléctricos y/o dispositivos electrónicos de consumo. El dispositivo central 1028 puede proporcionar a otros componentes del sistema de recepción de potencia 1004 diversos parámetros de carga, tales como la corriente máxima permitida, la tensión máxima, la potencia máxima y características similares. En la realización ilustrada, el dispositivo central 1028 proporciona estos parámetros al bloque de control de la curva de carga 1030.

**[0095]** El bloque de control de la curva de carga 1030 puede estar configurado para generar la corriente de salida de referencia  $I_{outIn}$ . La corriente de salida de referencia  $I_{outIn}$  puede corresponder a una corriente de salida deseada que conseguiría la transferencia de potencia inalámbrica de efecto basándose en el nivel de polarización  $V_{SC,DC}$  del filtro de salida 1026 y diversos parámetros del dispositivo central 1028, tales como la corriente máxima permitida, la tensión, la potencia, y similares. La corriente de salida de referencia  $I_{outIn}$  se puede seleccionar en base a las consideraciones de eficiencia. Por ejemplo, dado un nivel de polarización  $V_{SC,DC}$  del filtro de salida 1026, se puede seleccionar una corriente de salida  $I_{out}$  que mejora la eficiencia de la transmisión de potencia, así como consideraciones secundarias, tales como los niveles de tensión y/o potencia. Mantener los parámetros de funcionamiento de la salida tal como, por ejemplo, la tensión de salida, la potencia de salida, para estar dentro de intervalos predeterminados compatibles con el uso eficaz de la corriente puede aumentar la eficacia y/o la eficiencia de la transferencia de potencia. Por ejemplo, al cargar una batería utilizando la salida del receptor de potencia, los parámetros de funcionamiento pueden seleccionarse para que se adapten a una "curva de carga de batería" correspondiente a la carga efectiva de la batería.

**[0096]** El controlador de corriente secundaria 1032 se puede configurar para recibir la corriente de salida de referencia  $I_{OUTIN}$  y una medición  $y_{out}$  de la corriente de salida  $I_{out}$ , y puede configurarse para generar la señal de solicitud de corriente  $I_{baseIn}$ . Por ejemplo, la señal de solicitud de corriente  $I_{baseIn}$  puede corresponder a un nivel de corriente normalizado o relativo que el sistema de recepción de potencia 1004 está ordenando que el sistema de transferencia de potencia pase a través de la almohadilla de base 1012. Como se ha indicado, el nivel relativo normalizado puede ser con respecto a un valor predeterminado, tal como una corriente de antena de transmisión máxima  $I_{base}$ . En un modo de realización, el controlador de corriente secundario 1032 puede configurarse para ajustar la señal de solicitud de corriente  $I_{baseIn}$ , de manera que dirige la corriente de salida hacia la corriente de salida de referencia  $I_{outIn}$ . El controlador de corriente secundario 1032 puede configurarse para proporcionar la señal de solicitud de corriente  $I_{baseIn}$  a la antena de comunicaciones (por ejemplo, una antena Bluetooth 1036) para transmitir la señal de solicitud de corriente  $I_{baseIn}$  al sistema de transmisión de potencia 1002. El controlador de corriente secundaria 1032 se describirá con mayor detalle más adelante en relación con la figura 11.

**[0097]** El controlador de configuración secundario 1034 se puede configurar para recibir la corriente de salida de referencia  $I_{outIn}$ , una estimación  $\hat{I}_{sc}$  de la corriente de la almohadilla secundaria 1022  $I_{secundario}$  (por ejemplo, una estimación de la corriente de cortocircuito de la bobina secundaria según la ecuación), y una medición  $y_{base}$  de la corriente de la antena de transmisión  $I_{base}$ . En una realización, la estimación  $\hat{I}_{sc}$  puede corresponder a la corriente de cortocircuito  $I_{2sc}$  descrita anteriormente en relación con las figuras 6 y 7. Se apreciará que el controlador de configuración secundario 1034 puede recibir una estimación de la tensión abierta  $\hat{V}_{oc}$  de la bobina secundaria además, o alternativamente, a la estimación  $\hat{I}_{sc}$ .



- 5 **[0098]** El controlador de configuración secundario 1034 puede configurarse además para generar la señal de control de configuración  $D_s$  como una salida sobre la base de al menos las señales de entrada recibidas. La señal de control de configuración  $D_s$  se puede usar para ajustar varios parámetros del bloque rectificador de sintonización, del filtro de salida 1026 y/o de la almohadilla secundaria 1022. Para ejemplos no limitativos, el controlador de configuración secundario 1034 puede ajustar la relación de bobina, el número de bobinas activas y/o la corriente extraída de la almohadilla secundaria 1022 del sistema de recepción de potencia 1004. El controlador de configuración secundario 1034 se describirá con mayor detalle en relación con la figura 12.
- 10 **[0099]** La FIG. 11 muestra un diagrama de estado de un controlador de corriente secundario 1032 del sistema de recepción de potencia 1004 de la figura 10 de acuerdo con una implementación de ejemplo. El controlador de corriente secundario 1032 ilustrado comprende un controlador de velocidad de rampa 1102 opcional, una primera y segunda uniones de suma 1104, 1106, una ganancia proporcional 1110 y una ganancia integral 1112. El controlador de velocidad de rampa 1102 opcional puede configurarse para limitar o fijar una velocidad de cambio de la corriente de salida de referencia  $I_{outIn}$ . Limitar la velocidad de cambio puede ayudar a prevenir o inhibir las oscilaciones causadas por el enrollamiento integral y aumenta rápidamente en el término de ganancia integral debido a cambios rápidos en la corriente de salida de referencia  $I_{outIn}$ . Limitar la velocidad de cambio también puede ayudar a reducir los componentes de alta frecuencia en la señal de solicitud de corriente  $I_{baseIn}$ , que de otro modo podría causar inestabilidades. Por ejemplo, los retardos de tiempo en el sistema pueden causar oscilaciones o incluso inestabilidades si el controlador de corriente secundario acciona la corriente de base  $I_{base}$  a una alta frecuencia con respecto al retardo de tiempo (por ejemplo, a una frecuencia mayor que aproximadamente  $1/\tau$  Hz, donde  $\tau$  representa el tiempo de retardo en segundos). La velocidad que limita la corriente de salida de referencia  $I_{outIn}$  puede limitar el ancho de banda global del controlador de corriente secundario 1034. Por consiguiente, el controlador de velocidad de rampa 1102 opcional puede mejorar la robustez y la estabilidad.
- 15 **[0100]** La corriente de salida de referencia  $I_{OUTIN}$ , u opcionalmente la salida del controlador de velocidad de rampa 1102, pueden compararse con la señal de medición  $I_{out}$  mediante la primera unión sumadora 1104 para generar una señal de error  $e$ . La señal de solicitud de corriente  $I_{baseIn}$  se genera combinando un término proporcional a la señal de error  $e$  y un término proporcional a una integral de la señal de error  $e$ . El término proporcional a la señal de error  $e$  puede mejorar el ancho de banda del controlador de corriente secundario 1032, que puede mejorar la velocidad de respuesta. La "acción integral" del término proporcional a la integral de la señal de error  $e$  puede ayudar a reducir el error de estado estacionario y compensar los niveles de corriente desconocidos en el sistema de transmisión de potencia 1002.
- 20 **[0101]** En un modo de realización, el controlador de corriente secundaria 1032 tiene un ancho de banda de aproximadamente 250 Hz. Se pueden seleccionar otros anchos de banda basándose en consideraciones de aplicación específicas, tal como la velocidad de respuesta, la robustez a los retardos de comunicaciones, otras dinámicas de fase no mínimas y la incertidumbre del modelo. Por ejemplo, en un modo de realización, el controlador de corriente secundario 1032 tiene un ancho de banda (en hertzios) menor que aproximadamente  $1/\tau$ , donde  $\tau$  representa el retardo de tiempo (en segundos) asociado con la comunicación de una señal de solicitud de corriente  $I_{baseIn}$  y el sistema de transmisión de potencia 1002 que actúa en respuesta a la señal de solicitud de corriente  $I_{baseIn}$ . En otro modo de realización, el controlador de corriente secundaria 1032 tiene un ancho de banda menor que aproximadamente  $1/(2\tau)$ . En otro modo de realización, el controlador de corriente secundaria 1032 tiene un ancho de banda menor que aproximadamente  $1/(16\tau)$ . La selección del ancho de banda inferior a  $1/(16\tau)$  puede proporcionar un margen de fase mayor que aproximadamente 45 grados.
- 25 **[0102]** La figura 12 muestra un diagrama de estado de un controlador de configuración secundario 1034 del sistema de recepción de potencia 1004 de la figura 10 de acuerdo con una implementación de ejemplo. Aunque algunos elementos de la figura 12 se etiquetan usando el término "ideal" o "preferido" tal como se usa en el presente documento, los términos "ideal" y "preferido" significan que el elemento "ideal" o "preferido" es uno de los muchos elementos que proporcionan un funcionamiento satisfactorio del sistema IPT, pero en el que el funcionamiento en el elemento "ideal" o "preferido" es mejor de alguna manera que en algunos otros elementos. El uso del término "ideal" y "preferido" en la figura 12 no implica que el funcionamiento del sistema IPT o del receptor de potencia esté necesariamente optimizado o maximizado con el elemento seleccionado, pero en ciertos modos de realización, el elemento puede seleccionarse para conseguir un funcionamiento de alto nivel, optimizado o maximizado del sistema IPT o del receptor de potencia (por ejemplo, carga de la batería).
- 30 **[0103]** El controlador de configuración secundario 1034 incluye un bloque de división 1202, un estimador de estado 1206, y un estimador de estabilidad 1208. Utilizando el bloque de división 1202, el controlador de configuración secundario 1034 se puede configurar para dividir la corriente secundaria estimada  $\hat{I}_{sc}$  por la medición  $y_{base}$  de la corriente de la antena de transmisión  $I_{base}$  para generar un coeficiente de acoplamiento estimado  $\kappa$ . El estimador de estado 1206 puede configurarse para recibir el coeficiente de acoplamiento estimado  $\kappa$ , la corriente de salida de referencia  $I_{outIn}$  y una señal  $I_{base}^*$  indicativa de una corriente de almohadilla de base  $I_{base}$  preferida como entradas y para generar una señal de configuración  $D_s^*$  preferida como salida. En un modo de realización, la señal  $I_{base}^*$  puede proporcionarse por el sistema de transmisión de potencia 1002, por ejemplo, durante la inicialización y/o durante la

transferencia de potencia. Sin embargo, se apreciará que la señal  $I_{base}^*$  puede proporcionarse mediante cualquier fuente aplicable, incluyendo un componente del sistema de recepción de potencia 1004, tal como un dispositivo de memoria (no mostrado). En un aspecto, el sistema de recepción de potencia 1004 polariza la generación de la señal de solicitud de corriente  $I_{baseIn}$  y la generación de la señal de control de configuración  $D_s$  para lograr una corriente de almohadilla de base  $I_{base}$  que es aproximadamente la corriente de almohadilla de base  $I_{base}^*$ , preferible si es factible. Sin embargo, debido a limitaciones en el sistema de transmisión de potencia 1002, no siempre se alcanza la corriente  $I_{base}^*$ . Por ejemplo, el bloque limitador de corriente 1020 del sistema de transmisión de potencia 1002 puede inhibir las corrientes de almohadilla de base  $I_{base}$  por encima de un cierto límite.

10 **[0104]** Como se ha indicado, el estimador de estado 1206 está configurado para generar la señal de configuración preferida  $D_s^*$ . La señal  $D_s^*$  se puede utilizar para indicar una selección preferida de uno o más parámetros de la almohadilla secundaria 1022 y/o las características del acoplamiento entre la almohadilla de base 1012 y la almohadilla secundaria 1022. Por ejemplo, la señal  $D_s^*$  puede corresponder a un número preferido de bobinas de la almohadilla secundaria 1022 para activarse/desactivarse, la cantidad de corriente que se extrae de la almohadilla de carga 1022, y características similares relacionadas con el rendimiento de la transferencia de potencia inalámbrica. Estas características pueden afectar a la carga en el sistema de transmisión de potencia 1002 y, por lo tanto, pueden afectar a la eficiencia del transmisor de potencia 1002. Los parámetros de configuración preferidos de la señal  $D_s^*$  se pueden seleccionar basándose, como mínimo, en la corriente de salida de referencia  $I_{outIn}$ , el coeficiente de acoplamiento estimado  $\kappa$ , y la corriente de base  $I_{base}^*$  preferida.

20 **[0105]** El estimador de estabilidad 1208 está configurado para recibir la señal de configuración preferida  $D_s^*$  y la señal de medición  $y_{base}$  como entradas y para generar la señal de configuración  $D_s$  como una salida para ajustar el funcionamiento del receptor de potencia inalámbrico 1004. Por lo tanto, la señal de configuración  $D_s$  puede ajustar una característica del acoplamiento (por ejemplo, la eficiencia de acoplamiento, la carga vista en el transmisor 1002, y similares) entre la antena de recepción y la antena de transmisión basada al menos parcialmente en la señal de medición  $y_{base}$ . A su vez, la señal de configuración  $D_s$  puede ajustar un rendimiento del transmisor de potencia 1002 basado, al menos en parte, en una comparación de la señal de solicitud de corriente  $I_{baseIn}$  y la señal de medición de la almohadilla de base  $Y_{base}$ , como se describe con mayor detalle a continuación.

30 **[0106]** El estimador de estado 1206 y el estimador de estabilidad 1208 puede configurarse para ajustar los puntos de funcionamiento del sistema de recepción de potencia 1004 para lograr un funcionamiento eficiente (por ejemplo, mediante la solicitud de una corriente de base  $I_{base}$  igual a aproximadamente la corriente de base preferida  $I_{base}^*$ ) mientras se protege el funcionamiento de los sistemas de transmisión y recepción de potencia inalámbricos 1002, 1004. Por ejemplo, si la medición  $y_{base}$  no coincide con la solicitud de corriente  $I_{baseIn}$ , o si se estima que la corriente de almohadilla de base  $I_{base}$  no es capaz de alcanzar  $I_{baseIn}$ , entonces el estimador de estabilidad 1208 puede impedir que el controlador de configuración secundario 1034 cambie el punto de funcionamiento del sistema de recepción de potencia 1004 de una manera que de otro modo sobrecargaría o dañaría el sistema de transmisión de potencia 1002.

40 **[0107]** El controlador de corriente secundaria 1032 y/o el controlador de configuración secundario 1034 se pueden configurar para ajustar una eficiencia del transmisor de potencia 1002 en base al menos en parte, en una comparación de la señal de solicitud de corriente  $I_{baseIn}$  y la señal de medición de la almohadilla de base  $y_{base}$ . En un modo de realización, si la corriente inferida o solicitada  $I_{base}$  (por ejemplo, indicada por  $y_{base}$ ) está próxima al máximo, entonces el estimador de estabilidad 1208 intentará aumentar la cantidad de corriente de salida  $I_{out}$  que el receptor 1004 puede producir aumentando el número de bobinas que se activan y/o aumentando la proporción de la corriente  $I_{secundaria}$  generada por las mismas. Si la corriente de base  $I_{base}$  es menor que un nivel, entonces el estimador de estabilidad 1208 está configurado para reducir el acoplamiento entre la almohadilla de base 1012 y la almohadilla secundaria 1022, por ejemplo, apagando bobinas o reduciendo la cantidad de corriente extraída de las bobinas. Si la medición  $y_{base}$  indica que la corriente de la almohadilla de base  $I_{base}$  es aproximadamente la corriente preferida  $I_{base}^*$ , y el estimador de estado 1206 no determina una configuración más preferida, entonces el estimador de estabilidad 1208 no ajustará la señal de configuración  $D_s$ .

50 **[0108]** Si el sistema de transmisión de potencia 1002 reduce la potencia, el sistema de recepción de potencia 1004 debe mantener la estabilidad, ya que, en ese caso, el transmisor 1002 no debe aumentar la corriente de la almohadilla de base  $I_{base}$  y el sistema de recepción de energía 1004 no debe incrementar el acoplamiento porque la corriente  $I_{base}$  será más baja que la pedida y debe ser más baja que la corriente de base ideal  $I_{base}^*$ .

60 **[0109]** En una realización, la señal de control de configuración  $D_s$  se puede generar mediante la estimación de un número de corrientes de salida  $I_{out}$  que resultaría de la corriente de base preferida actual  $I_{base}^*$  y el coeficiente de acoplamiento estimada actual  $\kappa$  para una serie de estados de configuración diferentes  $D_s$ . En consecuencia, una configuración se puede seleccionar mediante la elección de la configuración que proporcione la corriente de salida estimada  $I_{out}$  más cercana a la corriente de referencia  $I_{outIn}$ . En una realización, se puede usar una tabla de consulta para seleccionar la señal de configuración  $D_s$  basada al menos en la corriente de base preferida  $I_{base}^*$  y el coeficiente de acoplamiento estimado  $\kappa$ .

65 **[0110]** La figura 13 muestra un diagrama de estado de un controlador de corriente de base 1016 del sistema de

transmisión de potencia 1002 de la figura 10 de acuerdo con una implementación de ejemplo. El controlador de corriente de base 1016 ilustrado comprende unas primeras y segundas uniones de suma 1302, 1304, una ganancia proporcional 1306 y una ganancia integral 1308. La señal de solicitud de corriente  $I_{baseIn}$  se compara con la señal de medición  $y_{base}$  utilizando la primera unión de suma 1302. La primera unión de suma 1302 genera una señal de error  $e_{base}(t)$ . La señal de control de fase  $\theta$  se genera combinando un término proporcional a la señal de error y un término proporcional a una integral de la señal de error. Por ejemplo, la ganancia proporcional 1306 recibe la señal de error  $e_{base}(t)$  como una entrada y genera el término proporcional al error como una salida. La ganancia integral 1308 recibe la señal de error  $e_{base}(t)$  como una entrada y genera el término proporcional a una integración de la señal de error. Los dos términos pueden combinarse mediante la segunda unión de suma 1304. El término proporcional a la señal de error puede mejorar el ancho de banda del controlador de corriente base 1016 para mejorar la velocidad de respuesta. El término proporcional a la integral de la señal de error puede ayudar a reducir el error de estado estacionario.

**[0111]** En un modo de realización, el controlador de corriente de base 1016 tiene un ancho de banda de aproximadamente 250 Hz. Se pueden seleccionar otros anchos de banda basándose en consideraciones de aplicación específicas, tales como la velocidad de respuesta, la robustez a los retardos de comunicaciones y otras dinámicas de fase no mínimas y para modelar la incertidumbre y la separación de escala de tiempo con el sistema de recepción de potencia 1004. Por ejemplo, en un modo de realización, el controlador de corriente de base 1016 tiene un ancho de banda mayor que aproximadamente el ancho de banda del controlador de corriente secundario 1032. En otro modo de realización, el controlador de corriente de base 1016 tiene un ancho de banda mayor que aproximadamente el doble del ancho de banda del controlador de corriente secundario 1032. En otro modo de realización, el controlador de corriente de base 1016 tiene un ancho de banda mayor que aproximadamente diez veces el ancho de banda del controlador de corriente secundario 1032.

**[0112]** La figura 14 muestra un diagrama de estado de un controlador de bus CC 1018 del sistema de transmisión de potencia 1002 de la figura 10 de acuerdo con una implementación de ejemplo. El controlador de bus de CC 1018 ilustrado comprende una unión de suma 1402 y una ganancia integral 1404. El controlador de bus de CC 1018 está configurado para comparar la señal de control de fase  $\theta$  con una señal de fase de referencia  $\theta_R$  usando la unión de suma 1402. La señal de fase de referencia  $\theta_R$  puede corresponder a una fase del inversor BCU 1010 que proporciona un beneficio (tal como, eficiencia) sobre otros ángulos de fase del inversor BCU 1010. En un modo de realización, la señal de fase de referencia  $\theta_R$  es de aproximadamente 130 grados. La ganancia integral 1404 está configurada para generar la polarización  $V_{CD}$  en base a una ganancia proporcional de una integración de señal de error  $e_{fase}$ . La señal de control del bus de CC  $V_{DC}$  se proporciona al inversor BCU 1010 para polarizar directamente, o controlar la polarización de, el inversor BCU 1010. El término proporcional a la integral de la señal de error puede ayudar a reducir el error de estado estacionario entre la señal de control de fase  $\theta$  y la señal de fase de referencia  $\theta_R$  e impedir que el ciclo de trabajo alcance una condición perjudicial. En un modo de realización, el controlador de bus de CC 1018 tiene un ancho de banda de aproximadamente 20 Hz. Se pueden seleccionar otros anchos de banda basándose en consideraciones de aplicación específicas, tales como separación de escala de tiempo con el controlador de corriente de base 1016, así como consideraciones de estabilidad y robustez. Por ejemplo, el controlador de bus de CC 1018 puede tener un ancho de banda que es menor que aproximadamente el ancho de banda del controlador de corriente de base 1016 dividido por diez. Adicionalmente o alternativamente, el controlador de bus de CC 1018 puede tener un ancho de banda que es mayor que aproximadamente el ancho de banda del controlador de corriente secundario 1032.

**[0113]** La figura 15 muestra un diagrama de estado de un limitador de corriente 1020 del sistema de transmisión de potencia 1002 de la figura 10 de acuerdo con una implementación de ejemplo. El limitador de corriente 1020 ilustrado comprende una primera y segunda uniones de suma 1502, 1504, una ganancia proporcional 1506 y una ganancia integral 1508. El limitador de corriente 1020 está configurado para comparar la medición  $y_{ac}$  con la señal de referencia CA AC Ref utilizando la primera unión de suma 1502. La señal CA AC Ref de referencia puede estar relacionada con una corriente alterna máxima admisible que debe ser extraída de la infraestructura 1006 de la figura 10. Por consiguiente, la primera unión de suma 1502 puede configurarse para generar una señal de error  $e_{ac}$ . La ganancia proporcional 1506 está configurada para generar un término proporcional a la señal de error  $e_{ac}$ . La ganancia integral 1508 está configurada para generar un término proporcional a una integración de la señal de error  $e_{ac}$ . Basándose en la ganancia proporcional y la ganancia integral, la segunda unión de suma 1504 está configurada para combinar estos dos términos para generar la señal de límite superior  $I_{baseBound}$ . La señal de límite superior  $I_{baseBound}$  puede ayudar a proteger la almohadilla de base 1012 de la figura 10 del daño causado por sobretensión de la antena con la corriente generada en respuesta a la señal de solicitud de corriente  $I_{baseIn}$ .

**[0114]** La figura 16 muestra un diagrama de flujo de un procedimiento 1600 para recibir potencia inalámbrica y cargar una carga de acuerdo con una implementación de ejemplo. El procedimiento 1600 puede comenzar en el bloque 1602 para acoplar una antena de recepción a un campo inalámbrico generado por una antena de transmisión de un transmisor de potencia. Por ejemplo, la antena de recepción puede corresponder a una antena de recepción de la almohadilla secundaria 1022 del sistema de recepción de potencia 1004 de la figura 10. Además, el campo inalámbrico puede generarse, por ejemplo, mediante la almohadilla de base 1012 de la figura 10. Después de acoplar la antena de recepción al campo inalámbrico, el procedimiento 1600 puede proceder al bloque 1604 para generar una corriente de salida basada en el acoplamiento con el campo inalámbrico. Por ejemplo, la corriente de

salida puede generarse mediante la almohadilla secundaria 1022, así como la sintonización/rectificación 1024 y el filtro de salida 1026 para generar la corriente de salida  $I_{out}$  como se muestra en la figura 10.

5 **[0115]** Antes, durante, o después del acoplamiento de la antena de recepción con el campo inalámbrico, el procedimiento 1600 se puede mover para bloquear 1606 para transmitir al transmisor de potencia una primera señal indicativa de una corriente objetivo para la antena de transmisión. Por ejemplo, la primera señal puede corresponder a una solicitud para que el transmisor de potencia conduzca una corriente normalizada a través de la almohadilla de base. En el modo de realización de la figura 10, el sistema de recepción de potencia 1004 puede configurarse para transmitir la señal de solicitud de corriente  $I_{baseIn}$  a través de la antena Bluetooth 1036. El procedimiento puede  
10 continuar con el bloque 1608, suministrando la corriente de salida a la carga. En un aspecto de varios modos de realización, la primera señal puede usarse para controlar la cantidad de corriente que fluye a través de la almohadilla de base y, a su vez, la corriente de salida generada en el sistema de recepción de potencia.

15 **[0116]** La figura 17 muestra un diagrama de flujo de un procedimiento 1700 para transmitir potencia inalámbrica y cargar una carga de acuerdo con una implementación de ejemplo. El procedimiento 1700 puede comenzar en el bloque 1702 para generar un campo inalámbrico mediante la conducción de una corriente variable a través de una antena de transmisión. Por ejemplo, el campo inalámbrico puede generarse, por ejemplo, mediante la almohadilla de base 1012 de la figura 10. La corriente variable se puede variar mediante la selección de la señal de control de fase  $\theta$  y/o la polarización  $V_{DC}$  al inversor BCU 1010. Después de generar el campo inalámbrico, el procedimiento 1700  
20 puede proceder al bloque 1704 para cargar inalámbricamente un aparato que tiene una antena de recepción acoplada con el campo inalámbrico, generando una corriente de salida basada en el acoplamiento con el campo inalámbrico. Por ejemplo, la antena de recepción puede corresponder a una antena de recepción de la almohadilla secundaria 1022 de la figura 10. Antes, durante o después de acoplar la antena de recepción al campo inalámbrico, el procedimiento 1700 puede moverse al bloque 1706 para recibir una primera señal del aparato. Por ejemplo, la primera señal puede corresponder a una solicitud para que el transmisor de potencia conduzca una corriente normalizada a través de la almohadilla de base. En el modo de realización de la figura 10, el sistema de transmisión de potencia 1002 puede configurarse para recibir la señal de solicitud de corriente  $I_{baseIn}$  a través de la antena Bluetooth 1014. Después de recibir la primera señal, el procedimiento puede continuar con el bloque 1708 para  
25 ajustar la corriente variable en base a la primera señal, en el que la primera señal es indicativa de una corriente normalizada para la antena de transmisión.  
30

**[0117]** Las diversas operaciones de los procedimientos descritos anteriormente pueden realizarse por cualquier medio adecuado capaz de realizar las operaciones, tales como diversos componentes, circuitos y/o módulos de hardware y/o software. Generalmente, cualquier operación ilustrada en las figuras puede realizarse mediante medios  
35 funcionales correspondientes, capaces de realizar las operaciones. Por ejemplo, un receptor de potencia configurado para suministrar corriente a una carga y para acoplarse de forma inalámbrica operativamente a un transmisor de potencia puede comprender medios para acoplar al campo inalámbrico y para generar la corriente de salida sobre la base del acoplamiento con el campo inalámbrico (por ejemplo, una almohadilla secundaria 1022 y opcionalmente uno o más de un sintonizador/rectificador 1024 o un filtro de salida 1026 de la figura 10). El receptor de potencia puede comprender además medios para generar y transmitir al transmisor de potencia una primera señal indicativa de una corriente objetivo para la antena de transmisión (por ejemplo, el controlador de corriente secundario y opcionalmente uno o más del control de curva de carga 1030 o una antena de comunicaciones tal como la antena Bluetooth 1036). Para otro ejemplo, un transmisor de potencia configurado para generar un campo inalámbrico y cargar un aparato acoplado al campo inalámbrico puede comprender medios para generar el campo  
40 inalámbrico conduciendo una corriente variable a través de una antena de transmisión (por ejemplo, una almohadilla de base 1012 y opcionalmente una o más de una infraestructura 1006 o un inversor BCU 1010 de la figura 10). El transmisor de potencia puede comprender además medios para recibir una primera señal y ajustar la corriente variable en base a la primera señal, en el que la primera señal es indicativa de una corriente normalizada (por ejemplo, el controlador de base 1016 y opcionalmente una o más de una antena de comunicaciones, tal como el dispositivo Bluetooth 1014, el bloque de decisión 1015, el controlador de corriente de base 1016, el controlador de bus de CC 1018 o el limitador de corriente 1020).  
45  
50

**[0118]** Las diversas operaciones de los procedimientos descritos anteriormente pueden realizarse por cualquier medio adecuado capaz de realizar las operaciones, tales como diversos componentes, circuitos y/o módulos de hardware y/o software. Generalmente, cualquier operación ilustrada en las figuras puede realizarse mediante medios  
55 funcionales correspondientes, capaces de realizar las operaciones.

**[0119]** La información y las señales pueden representarse usando cualquiera entre una variedad de tecnologías y técnicas diferentes. Por ejemplo, los datos, las instrucciones, los comandos, la información, las señales, los bits, los  
60 símbolos y los chips que pueden haber sido mencionados a lo largo de la descripción anterior pueden representarse mediante tensiones, corrientes, ondas electromagnéticas, campos o partículas magnéticos, campos o partículas ópticos, o cualquier combinación de los mismos.

**[0120]** Los diversos bloques lógicos, módulos, circuitos y etapas de algoritmo ilustrativos, descritos en relación con las implementaciones divulgadas en el presente documento pueden implementarse como hardware electrónico,  
65 software informático o combinaciones de ambos. Para ilustrar claramente esta intercambiabilidad de hardware y

software, anteriormente se han descrito diversos componentes, bloques, módulos, circuitos y etapas ilustrativos, generalmente, en lo que respecta a su funcionalidad. Que dicha funcionalidad se implemente como hardware o software depende de la aplicación específica y las restricciones de diseño impuestas al sistema completo. La funcionalidad descrita se puede implementar de formas variables para cada aplicación particular, pero no debe interpretarse que tales decisiones de implementación suponen un alejamiento del alcance de los modos de realización de la invención.

**[0121]** Los diversos bloques, módulos y circuitos ilustrativos descritos en relación con las implementaciones divulgadas en el presente documento pueden implementarse o realizarse con un procesador de propósito general, con un procesador de señales digitales (DSP), con un circuito integrado específico de la aplicación (ASIC), con una formación de puertas programables de campo (FPGA) o con otro dispositivo de lógica programable, puerta discreta o lógica de transistor, componentes de hardware discretos, o con cualquier combinación de los mismos diseñada para realizar las funciones descritas en el presente documento. Un procesador de uso general puede ser un microprocesador pero, como alternativa, el procesador puede ser cualquier procesador, controlador, microcontrolador o máquina de estados convencional. Un procesador también puede implementarse como una combinación de dispositivos informáticos, por ejemplo, una combinación de un DSP y un microprocesador, una pluralidad de microprocesadores, uno o más microprocesadores junto con un núcleo de DSP o cualquier otra configuración de este tipo.

**[0122]** Las etapas de un procedimiento o algoritmo y las funciones descritas en relación con las implementaciones divulgadas en el presente documento pueden realizarse directamente en hardware, en un módulo de software ejecutado por un procesador o en una combinación de los dos. Si se implementan en software, las funciones, como una o más instrucciones o código, pueden almacenarse en, o transmitirse por, un medio no transitorio tangible, legible por ordenador. Un módulo de software puede residir en memoria de acceso aleatorio (RAM), memoria flash, memoria de solo lectura (ROM), memoria ROM eléctricamente programable (EPROM), memoria ROM programable eléctricamente borrable (EEPROM), registros, un disco duro, un disco extraíble, un CD-ROM o en cualquier otra forma de medio de almacenamiento conocida en la técnica. Un medio de almacenamiento está acoplado con el procesador, de modo que el procesador puede leer información de, y escribir información en, el medio de almacenamiento. De forma alternativa, el medio de almacenamiento puede estar integrado en el procesador. Los discos, tal como se usan en el presente documento, incluyen un disco compacto (CD), un disco láser, un disco óptico, un disco versátil digital (DVD), un disco flexible y un disco Blu-ray, de los cuales los discos flexibles normalmente reproducen los datos magnéticamente, mientras que los otros discos reproducen ópticamente los datos mediante láser. Las combinaciones de lo anterior deberían incluirse también dentro del alcance de los medios legibles por ordenador. El procesador y el medio de almacenamiento pueden residir en un ASIC. El ASIC puede residir en un terminal de usuario. Como alternativa, el procesador y el medio de almacenamiento pueden residir como componentes discretos en un terminal de usuario.

**[0123]** Para los propósitos de resumir la divulgación, ciertos aspectos, ventajas y características novedosas de las invenciones se han descrito en el presente documento. Debe entenderse que no necesariamente pueden lograrse todas estas ventajas de acuerdo a cualquier realización particular de la invención. Por lo tanto, la invención puede realizarse o llevarse a cabo de una manera que logre u optimice una ventaja o un grupo de ventajas, según se enseña en este documento, sin tener que lograr necesariamente otras ventajas, según se pueda enseñar o sugerir en el presente documento.

**REIVINDICACIONES**

1. Un aparato (608) para recibir potencia de carga de forma inalámbrica desde un transmisor de carga que tiene una bobina de transmisión, comprendiendo el aparato:
  - 5 un circuito de comunicaciones de receptor (639) acoplado a una bobina de recepción (618) y a una carga (636), configurado para recibir información asociada con al menos una característica del transmisor de carga;
  - 10 un circuito de detección (635) configurado para medir un valor de una corriente de cortocircuito ( $I_{2SC}$ ) o una tensión de circuito abierto ( $V_{oc}$ ) asociada con la bobina de recepción; y
  - un controlador (638) configurado para:
    - 15 comparar el valor de la corriente de cortocircuito o la tensión de circuito abierto con un parámetro de carga umbral, estableciéndose el umbral a un nivel que proporcione potencia de carga suficiente para cargar la carga; e
    - 20 iniciar la recepción de la potencia de carga desde el transmisor de carga cuando la corriente de cortocircuito o la tensión de circuito abierto asociada con la bobina de recepción es mayor o igual que el parámetro de carga umbral.
2. El aparato de la reivindicación 1, en el que el parámetro de carga umbral comprende al menos una de una corriente de carga y una tensión de carga.
- 25 3. El aparato de la reivindicación 1, en el que el parámetro de carga umbral comprende el valor de una corriente de carga multiplicado por el valor de la corriente máxima de la bobina de transmisión y dividido por el valor de una corriente de bobina de transmisión.
- 30 4. El aparato de la reivindicación 1, en el que el circuito de detección está configurado para medir el valor de la corriente de cortocircuito o la tensión de circuito abierto inducida por una corriente de bobina de transmisión que pasa a través de la bobina de transmisión, teniendo la corriente de bobina de transmisión un valor menor que un valor de la corriente máxima de la bobina de transmisión.
- 35 5. El aparato de la reivindicación 1, en el que la información comprende un valor de una corriente de bobina de transmisión del transmisor de carga.
6. El aparato de la reivindicación 5, en el que la información comprende además una relación de un valor de la corriente máxima de bobina de transmisión con respecto al valor de la corriente de bobina de transmisión.
- 40 7. El aparato de la reivindicación 5, en el que el controlador está configurado además para determinar un coeficiente de acoplamiento entre la bobina de transmisión y la bobina de recepción en base al valor de la corriente de la bobina de transmisión y el valor de la corriente de cortocircuito o la tensión de circuito abierto de la bobina de recepción.
- 45 8. El aparato de la reivindicación 1, en el que el circuito de comunicación del receptor está configurado además para transmitir una indicación para abstenerse de iniciar la carga cuando el controlador determina que la corriente de cortocircuito o la tensión de circuito abierto asociada con la bobina de recepción es menor que el parámetro de carga umbral.
- 50 9. El aparato de la reivindicación 1, que comprende además un circuito de conmutación (630) configurado para cortocircuitar la bobina de recepción o abrir el circuito de la bobina de recepción.
10. El aparato de la reivindicación 1, en el que el controlador está configurado además para determinar una zona de funcionamiento como un área geométrica dentro de la cual la corriente de cortocircuito o la tensión de circuito abierto asociada con la bobina de recepción es mayor o igual que el parámetro de carga umbral.
- 55 11. El aparato de la reivindicación 1, en el que el controlador está configurado además para proporcionar a una interfaz de usuario una indicación de compatibilidad entre la bobina de recepción y el transmisor de carga cuando la corriente de cortocircuito o la tensión de circuito abierto asociada con la bobina de recepción es mayor o igual al parámetro de carga umbral.
- 60 12. Un procedimiento (800) de recepción de potencia de carga inalámbrica, comprendiendo el procedimiento:
  - 65 recibir (806) información asociada con al menos una característica de un transmisor de carga;

medir (810) un valor de una corriente de cortocircuito o una tensión de circuito abierto asociada con una bobina de recepción;

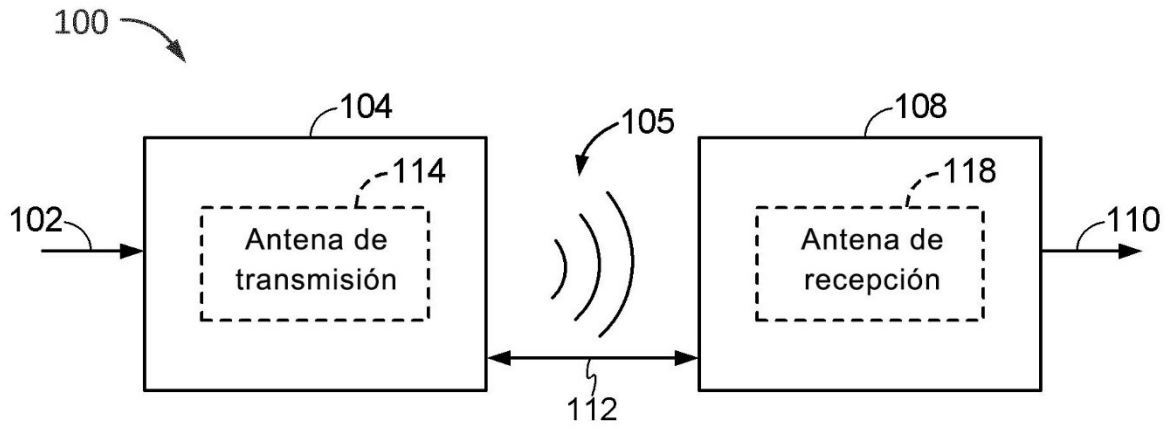
5           comparar (812) el valor de la corriente de cortocircuito o la tensión de circuito abierto con un parámetro de carga umbral,  
establecer el umbral a un nivel que proporcione potencia de carga suficiente para cargar una carga; e

10           iniciar (814) la recepción de la potencia de carga desde el transmisor de carga cuando la corriente de cortocircuito o la tensión de circuito abierto asociada con la bobina de recepción es mayor o igual que el parámetro de carga umbral.

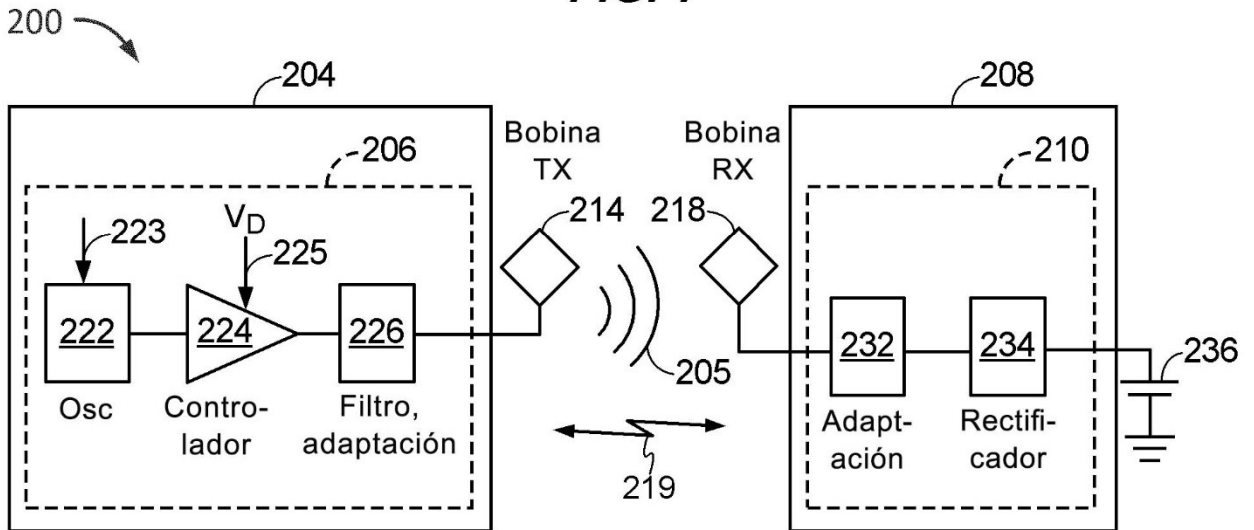
13. El procedimiento de la reivindicación 12, en el que el parámetro de carga umbral comprende al menos una de una corriente de carga y una tensión de carga.

15   14. El procedimiento de la reivindicación 12, en el que el parámetro de carga umbral comprende el valor de una corriente de carga multiplicado por el valor de la corriente máxima de la bobina de transmisión y dividido por el valor de una corriente de bobina de transmisión.

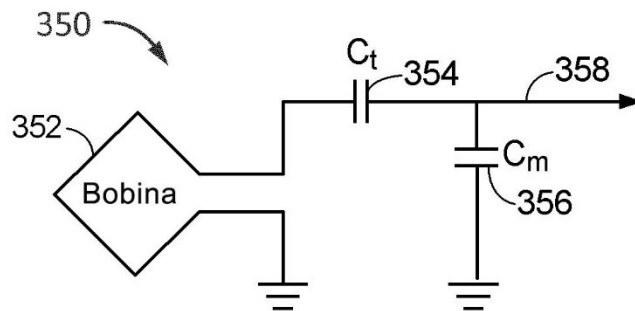
20   15. El procedimiento de la reivindicación 12, en el que la corriente de cortocircuito o la tensión de circuito abierto es inducida por una corriente de bobina de transmisión que pasa a través de una bobina de transmisión, teniendo la corriente de bobina de transmisión un valor que es menor que un valor máximo de la corriente de bobina de transmisión.



**FIG. 1**



**FIG. 2**



**FIG. 3**



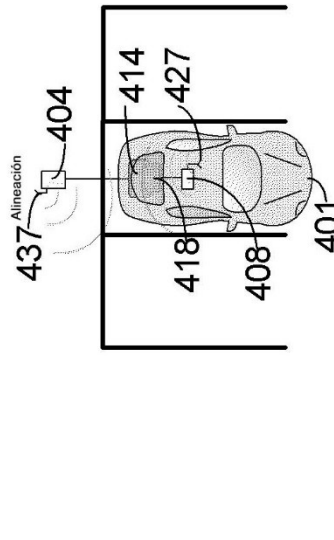
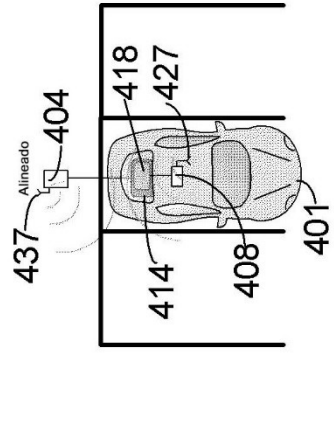
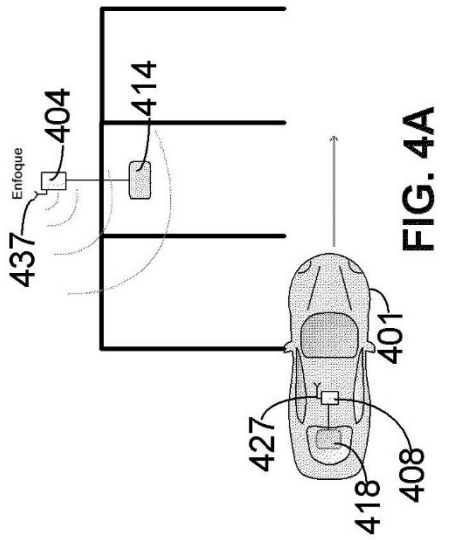
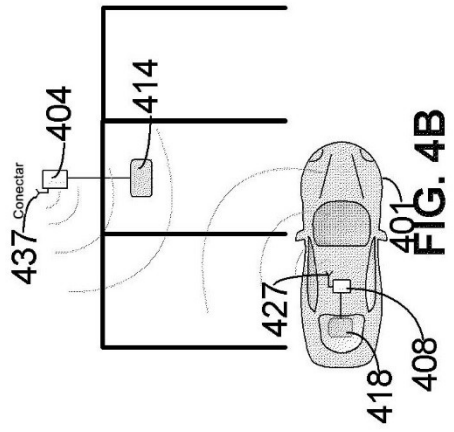
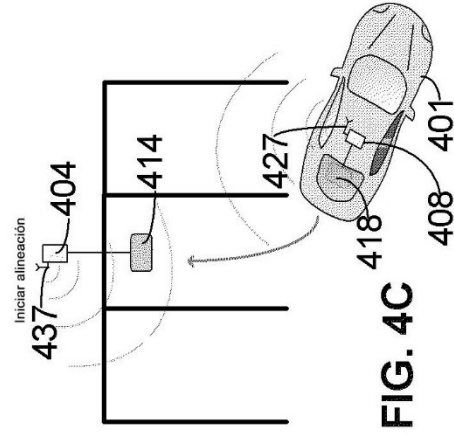


FIG. 4E

FIG. 4D

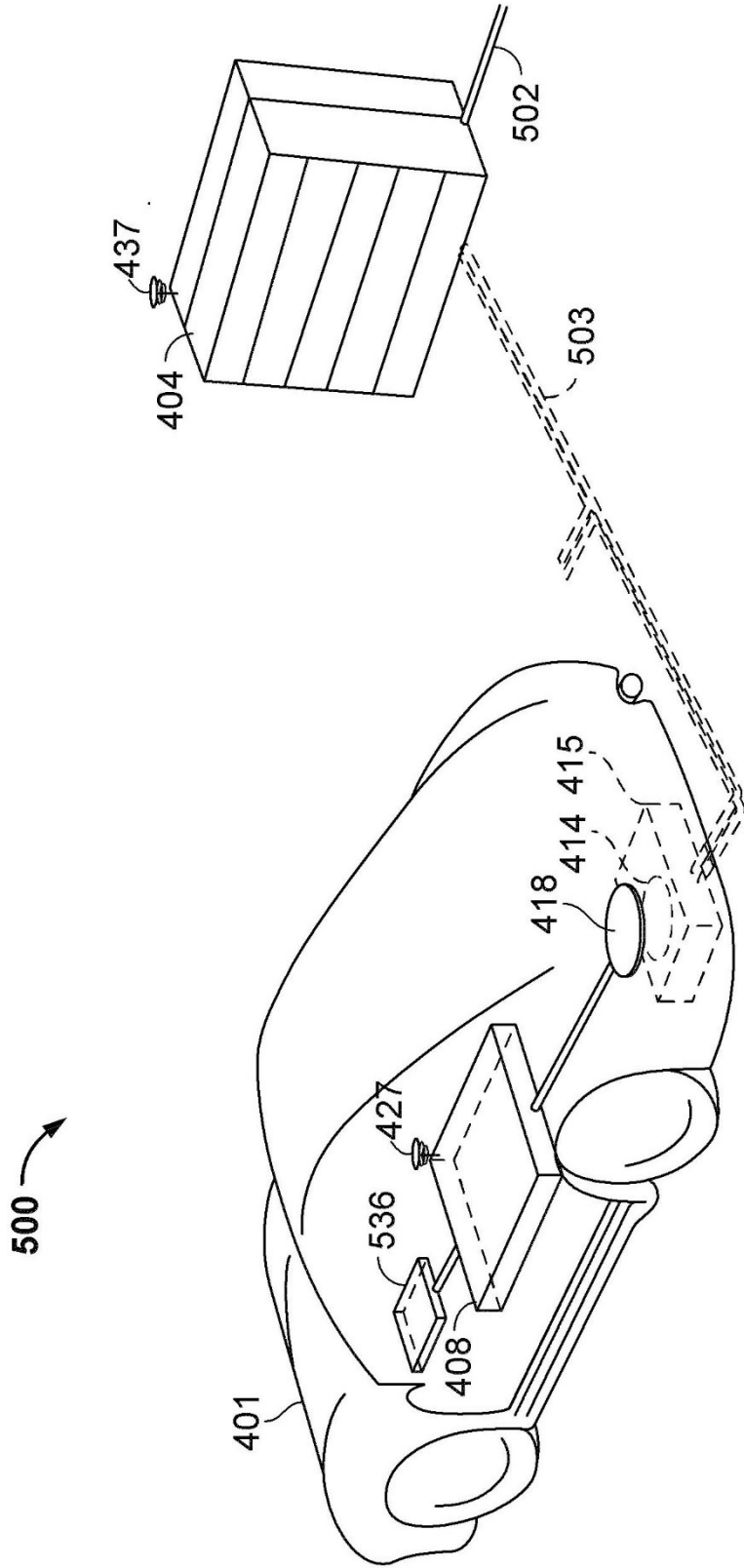


FIG. 5

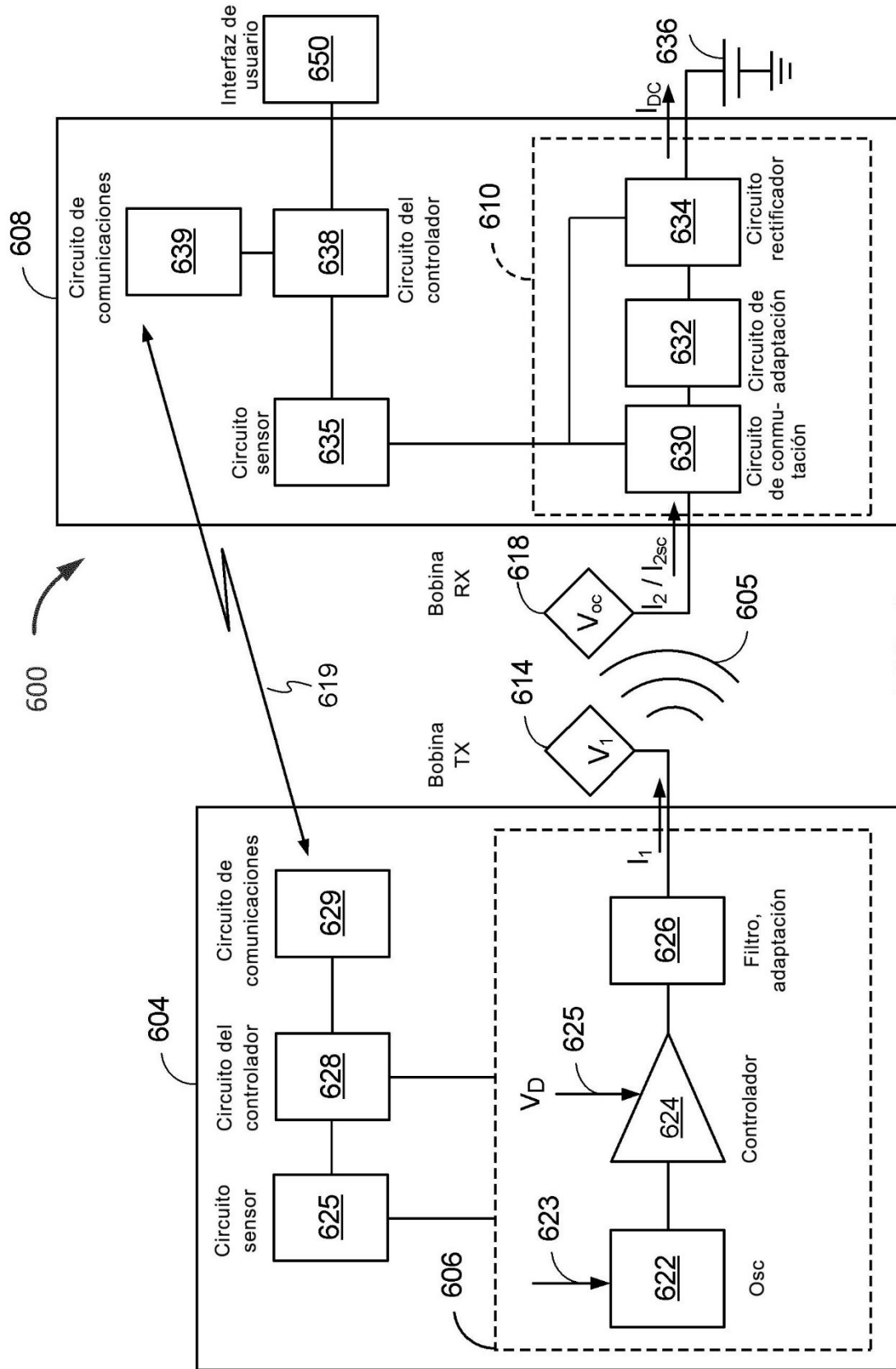


FIG. 6

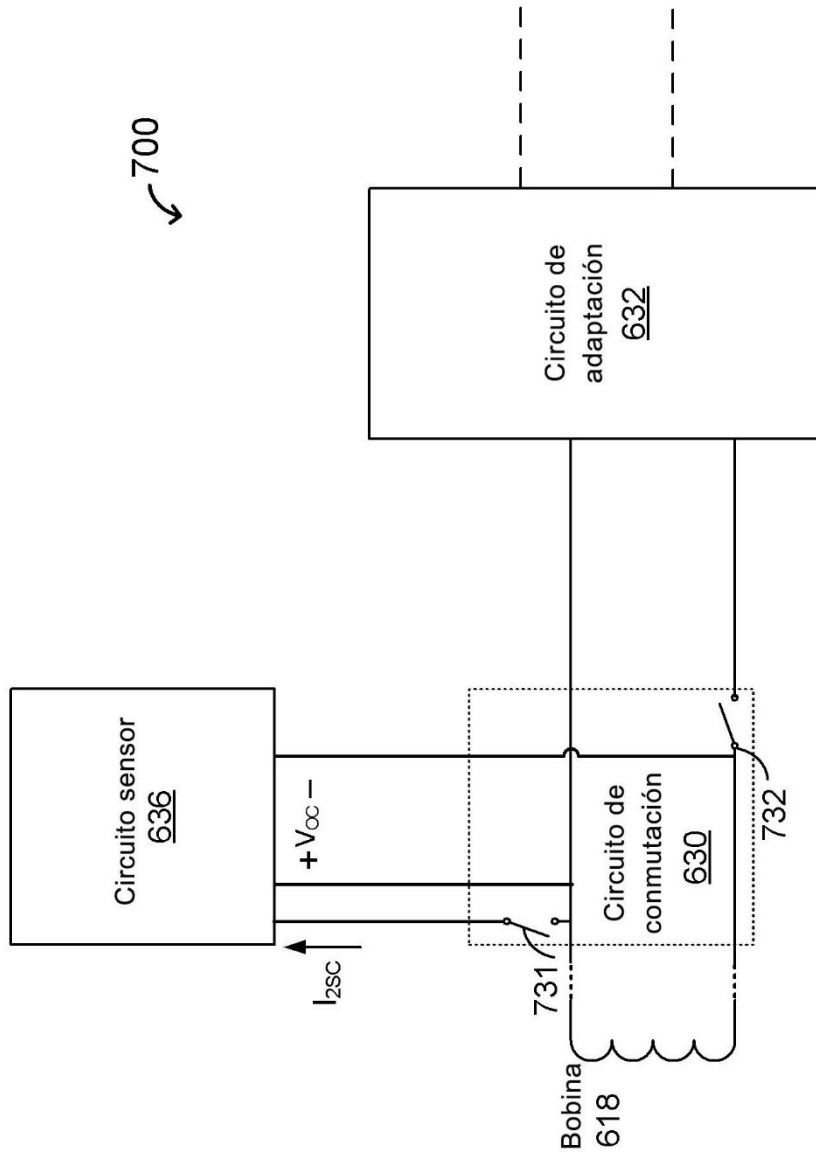


FIG. 7

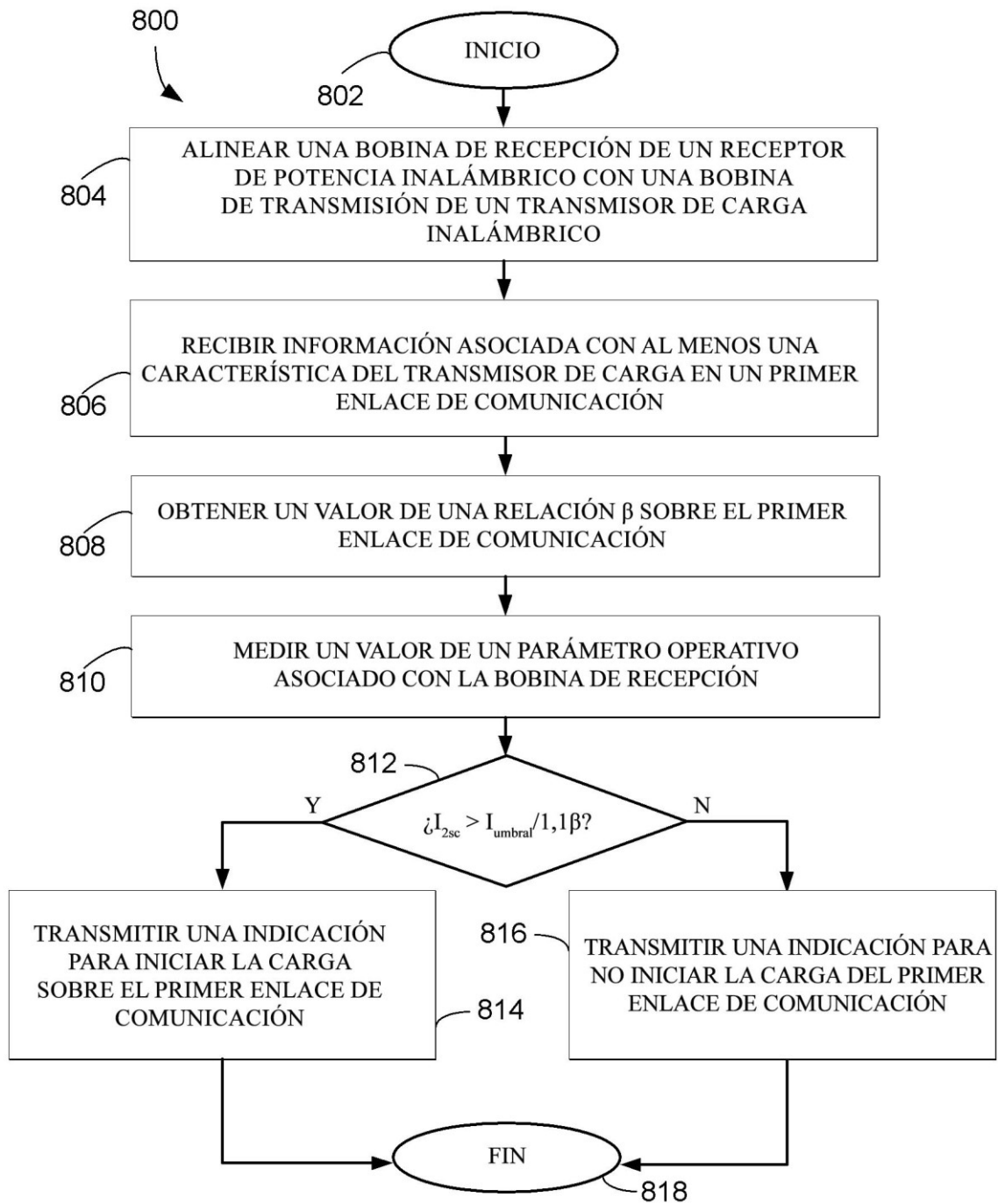


Figura 8

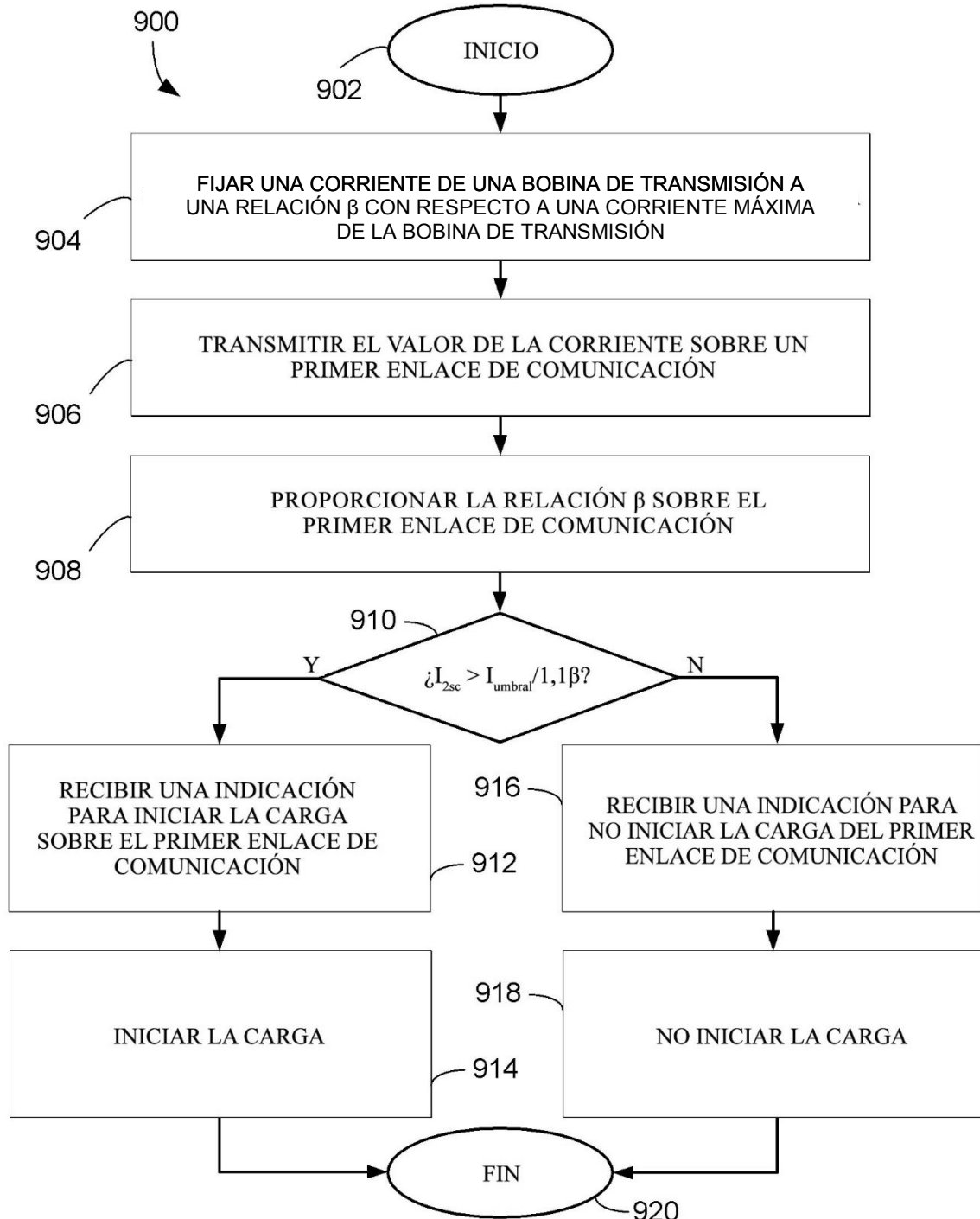


Figura 9

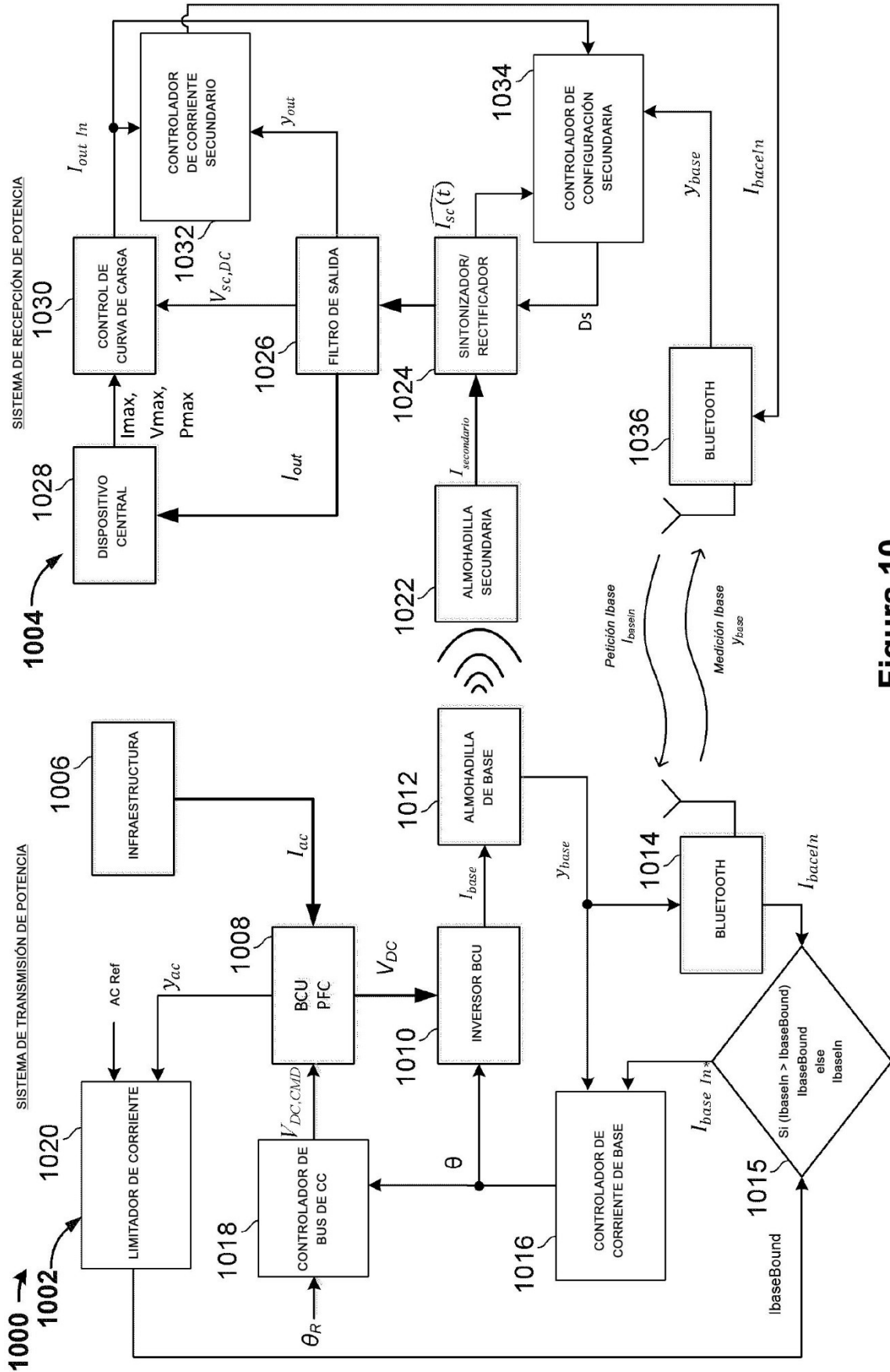
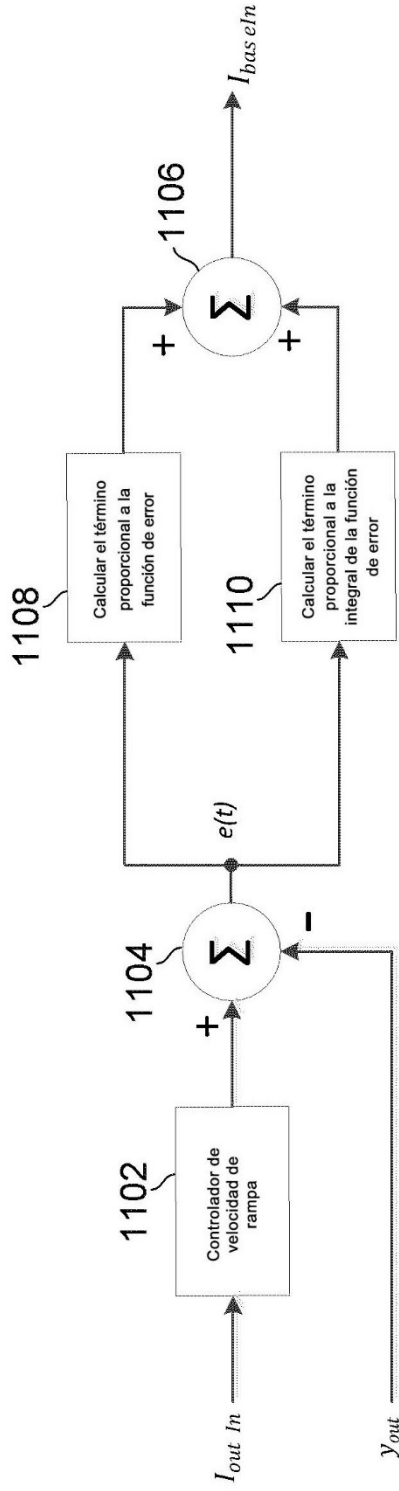


Figura 10

1032 ↗

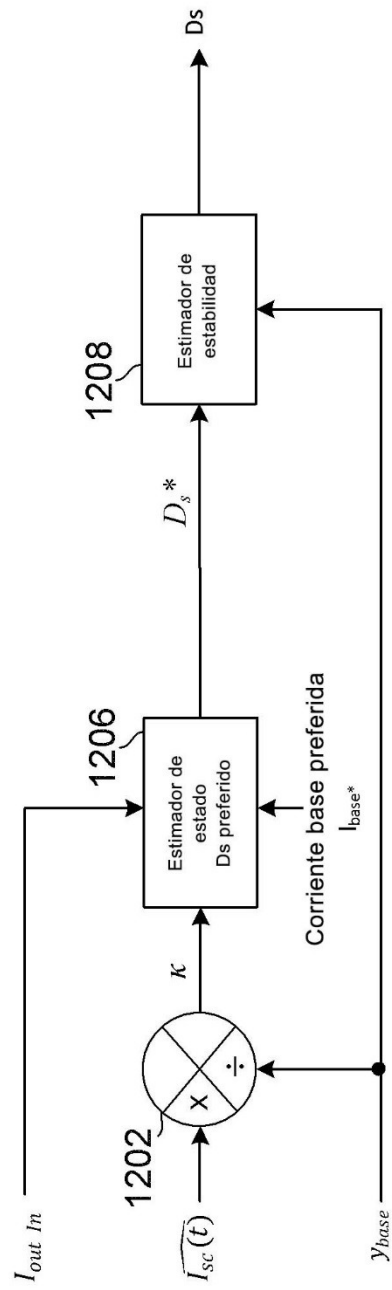


CONTROLADOR DE CORRIENTE SECUNDARIO

Figura 11



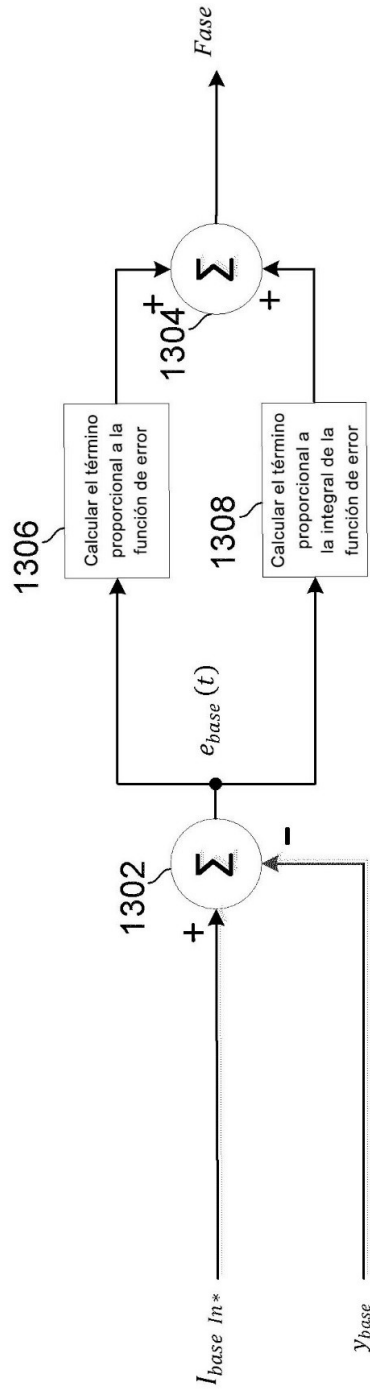
1034 →



CONTROLADOR DE CONFIGURACIÓN SECUNDARIA

Figura 12

1016 



CONTROLADOR DE CORRIENTE DE BASE

Figura 13

1018 ↗

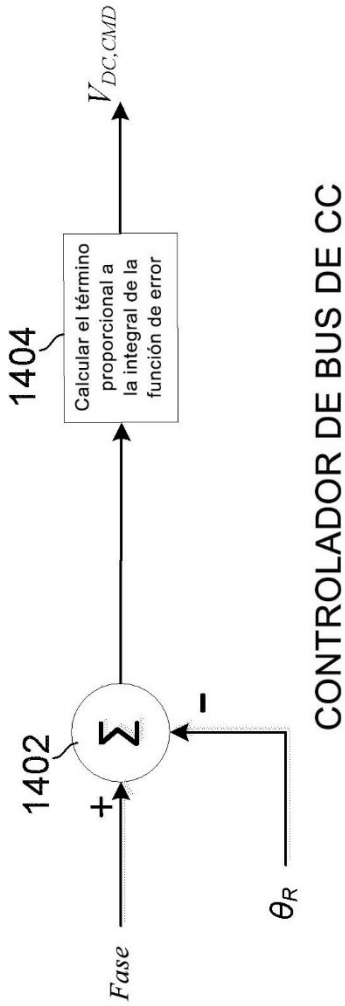


Figura 14

1020 ↗

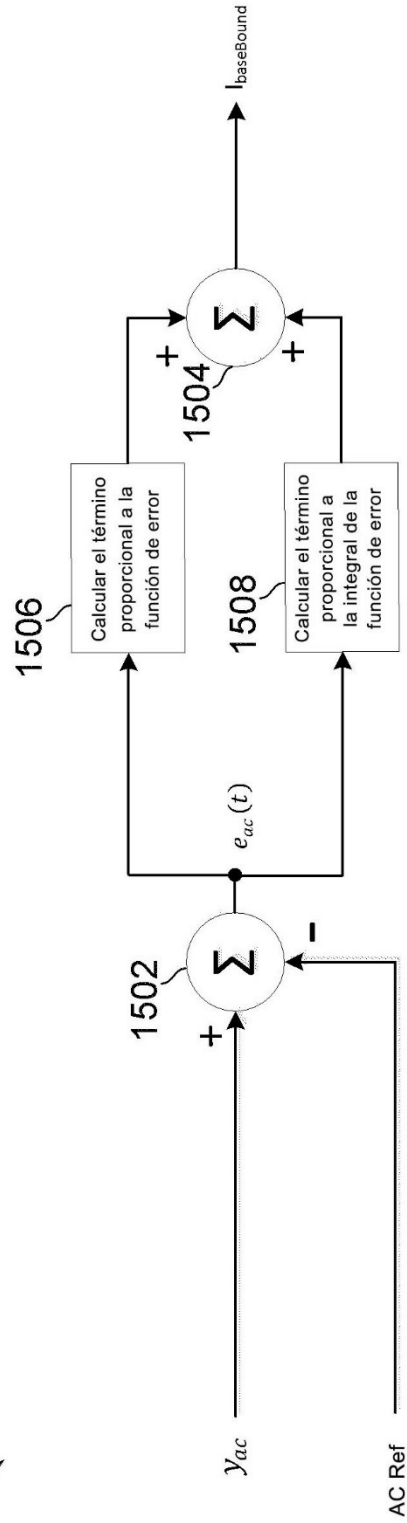
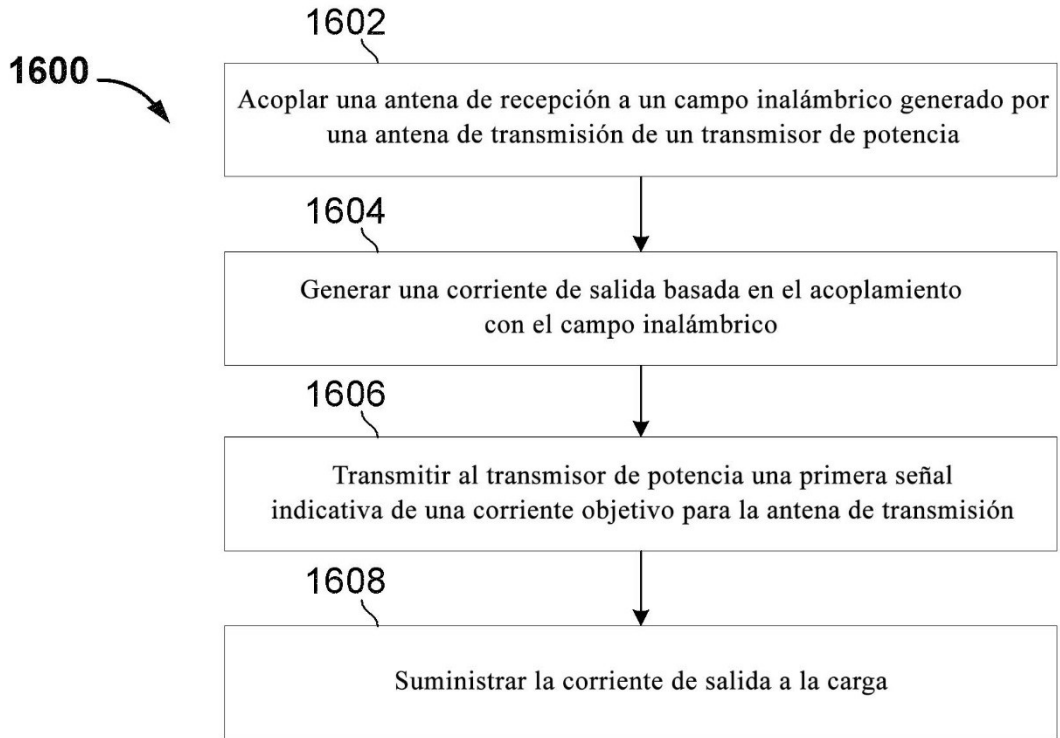
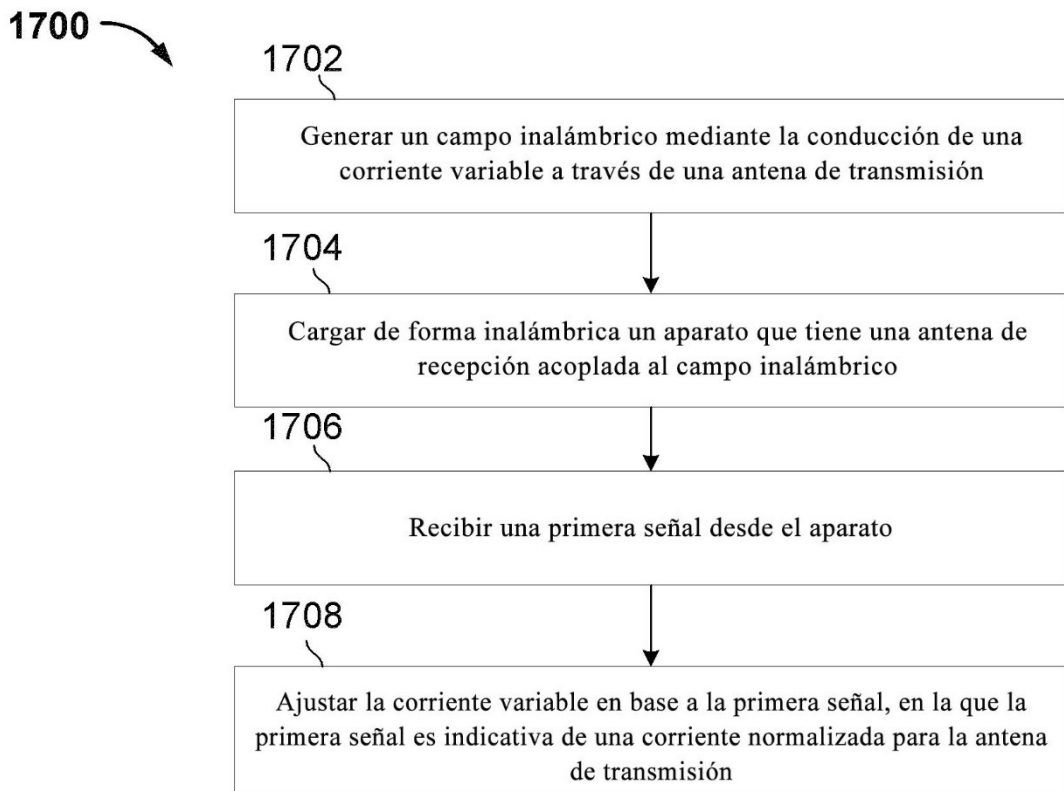


Figura 15



**Figura 16**



**Figura 17**