

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 565 454**

51 Int. Cl.:

| | |
|-------------------|-----------|
| F03C 1/00 | (2006.01) |
| F03B 13/18 | (2006.01) |
| F03B 13/20 | (2006.01) |
| H02K 7/18 | (2006.01) |
| H02K 35/02 | (2006.01) |
| H02P 3/22 | (2006.01) |
| B60L 7/00 | (2006.01) |
| H02P 9/00 | (2006.01) |
| H02P 25/18 | (2006.01) |

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.03.2005 E 05728147 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.03.2016 EP 1725897**

54 Título: **Convertidores de energía de olas (WEC) con multiplicación de la velocidad**

30 Prioridad:

16.03.2004 US 553666 P

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

04.04.2016

73 Titular/es:

**OCEAN POWER TECHNOLOGIES, INC. (100.0%)
SUITE 1, BUILDING A, 1590 REED ROAD
PENNINGTON, NJ 08534, US**

72 Inventor/es:

**SABOL, THOMAS y
STEWART, DAVID, B.**

74 Agente/Representante:

LAZCANO GAINZA, Jesús

ES 2 565 454 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

Convertidores de energía de olas (WEC) con multiplicación de la velocidad

5 Antecedentes de la invención

Esta invención se relaciona con aparatos, sistemas y métodos para convertir la energía presente en las olas de la superficie del océano en energía eléctrica.

10 Un sistema conocido convertidor de energía de las olas (WEC) para capturar la energía de las olas del océano y convertirla en energía eléctrica incluye: (a) una primera estructura (que puede ser denominada como una "carcasa" o "embarcación" o "flotador") que, cuando es colocada en un cuerpo de agua, está diseñada para moverse hacia arriba y hacia abajo, generalmente, en fase con las olas en el agua y de este modo absorber y/o liberar energía; (b) una segunda estructura (que puede ser denominada como "eje", "mástil", "columna" o pistón) que es o bien estacionaria (por ejemplo, anclada) o se mueve en general fuera de fase con respecto a las olas y la primera estructura; y (c) un dispositivo de accionamiento (PTO) acoplado entre la primera y la segunda estructuras y que en respuesta al movimiento relativo entre la primera y la segunda estructuras está diseñado para producir energía eléctrica.

20 Para evitar los problemas asociados con los POT mecánicos e hidráulicos, se ha sugerido utilizar un generador eléctrico lineal (LEG) para un dispositivo de accionamiento (PTO). Sin embargo, un problema significativo con la extracción de energía en forma eficiente a partir del convertidor de energía de las olas (WEC) es el hecho de que el movimiento de las olas es de velocidad relativamente lenta y, en consecuencia, el movimiento relativo entre la columna y el armazón es correspondientemente lento. Por lo tanto, a modo de ejemplo, cuando se utiliza un generador eléctrico lineal (LEG) como el POT, se generan voltajes de corriente alternante (AC) que tienden a ser de baja amplitud y baja frecuencia. El procesamiento y/o rectificación de los voltajes de AC de baja amplitud tienden a ser ineficientes debido a las pérdidas fijas en las redes de rectificación; es decir, se pierden normalmente aproximadamente 1 voltio a 1,5 voltios a través de las redes de rectificación. El procesamiento de señales de baja frecuencia es generalmente ineficiente ya que requiere del uso de inductores físicamente grandes, transformadores y condensadores. Esto también tiende a aumentar los costes del sistema y a disminuir su eficiencia.

30 Por tanto, es deseable tener un aparato que pueda producir voltajes de AC de mayor amplitud y frecuencia más alta.

35 La patente de los Estados Unidos No. 4.260.901 divulga un WEC con forma de plataforma que tiene flotadores que actúan en los cilindros y los impulsores, a través de un brazo de palanca montado en la plataforma, un imán que se mueve dentro y fuera de las bobinas.

40 La patente de los Estados Unidos No.4.363.213 divulga un montaje de boya de brazos verticales deslizantes que terminan en discos planos que sirven para resistir el movimiento hacia arriba y hacia abajo de la boya. Las uniones trasladan los movimientos diferenciales para accionar las bombas dentro de la boya lo que hace que un flujo de fluido accione las turbinas acopladas a los generadores.

Resumen de la invención:

45 La invención del solicitante incluye un aparato sensible a la velocidad de entrada (v1) de la carcasa con relación a la columna de un WEC para producir una salida mecánica cuya velocidad (v2) es un múltiplo de la velocidad de entrada (v1). La velocidad (v2) de la salida mecánica se utiliza para accionar los componentes del WEC para producir voltajes eléctricos de mayor amplitud y mayor frecuencia.

50 Un sistema WEC que incorpora la invención incluye una carcasa y una columna con un dispositivo de accionamiento (PTO) del tipo generador eléctrico lineal (LEG) conectado entre la carcasa y la columna. La carcasa y la columna están construidas de tal forma que, cuando se colocan en un cuerpo de agua y en respuesta a las olas en el cuerpo de agua, no hay movimiento relativo entre la carcasa y la columna. El LEG incluye componentes que están unidos a la carcasa y a la columna a fin de moverse una con respecto a la otra y producir energía eléctrica, directamente, cuando la carcasa y la columna se mueven una con respecto a la otra. Los componentes que producen electricidad del LEG incluye un montaje de imán permanente (PMA) y un montaje de bobina de inducción (ICA) que están acoplados electromagnéticamente entre sí por lo que, cuando el PMA pasa sobre la ICA, se producen voltajes de corriente alterna (AC), en y a través, de la ICA. La amplitud de los voltajes de AC (y el frecuencia de los voltajes) es una función de la velocidad del PMA con respecto a la ICA. Sistemas que incorporan la invención incluyen medios mecánicos para aumentar la velocidad a la que el PMA es impulsado con respecto a la ICA para producir voltajes de mayor amplitud y mayor frecuencia.

60 Un sistema WEC que incorpora la invención incluye una columna y una carcasa, dispuestas para moverse una con respecto a la otra, y un aparato tipo palanca que tiene un extremo de entrada y un extremo de salida y un punto intermedio, entre los dos extremos, estando el punto intermedio conectado de forma giratoria a la columna. El extremo de entrada está conectado a la carcasa y se mueve a la misma velocidad y en la misma dirección que la carcasa. El extremo de salida se mueve en dirección opuesta y a una velocidad que es un múltiplo de la velocidad de la carcasa. El

múltiplo es una función de la relación de la longitud del punto intermedio con respecto a los extremos de salida y de entrada.

5 En un sistema que incorpora la invención, uno de los dos componentes (un PMA o un ICA) de un LEG, puede estar unido a la carcasa y el otro de los dos componentes puede estar unido al extremo de salida del aparato tipo palanca para producir una alta velocidad relativa entre los dos componentes lo que da como resultado voltajes de salida de mayor amplitud y mayor frecuencia.

10 Un sistema WEC que incorpora la invención puede incluir un aparato tipo palanca, acoplado entre la carcasa y la columna, (por debajo, por encima o dentro de la carcasa), que tiene una entrada que es sensible a la velocidad (v_1) de la carcasa con relación a la columna (o de la columna con relación a la carcasa) y que tiene una salida cuya velocidad (v_2) es un múltiplo de la velocidad (v_1) de la carcasa con respecto a la columna. Uno entre la ICA y el PMA está unido a uno entre la carcasa y la columna del WEC. El otro entre la ICA y el PMA está acoplado a la salida del aparato tipo palanca que acciona el otro entre la ICA y el PMA a través de uno entre la ICA y el PMA unido a uno entre la carcasa y la columna del WEC.

15 El aparato tipo palanca puede incluir un elemento rígido que está conectado de forma giratoria a un punto de giro (es decir, el punto de pivote), que esta situada a lo largo de su longitud, en la columna. El aparato incluye: (a) un brazo de entrada que se extiende una distancia "a" desde el punto de pivote hasta un primer extremo (entrada); y (b) un brazo de salida que se extiende una distancia "b" desde el punto de pivote hasta un segundo extremo (salida). La relación de la longitud del brazo de salida con relación al brazo de entrada puede ajustarse y variarse selectivamente para controlar la relación de multiplicación de v_2 a v_1 .

20 En una realización, uno entre el PMA y la ICA se encuentra sobre, o en, o unido a, la carcasa y se mueve a medida que se mueve la carcasa en una dirección a una primera velocidad. El otro entre el PMA y la ICA es accionado por la salida del aparato tipo palanca a través de uno entre el PMA y la ICA unido a la carcasa, en dirección opuesta, a la dirección, por lo que los montajes de PMA y de ICA pueden ser accionados uno sobre el otro, en respuesta al movimiento de las olas, a una velocidad relativa mayor que es igual a la suma de la velocidad de salida (v_2) y la velocidad de entrada (v_1) de la carcasa. Esto produce como resultado la generación de voltajes a través de la ICA que son de mayor amplitud y mayor frecuencia.

25 En algunas realizaciones, el PMA puede estar unido a la pared exterior de la carcasa; y la ICA está montada para deslizarse, o pasar, externamente al PMA (véase la figura 1D1); o la ICA está montada para deslizarse o pasar internamente (a lo largo de la pared interna de la carcasa) al PMA. En otras realizaciones, el PMA puede estar unido a la pared interior de la carcasa; y la ICA está montada para deslizarse, o pasar, externamente al PMA; o la ICA está montada para deslizarse, o pasar, internamente (a lo largo de la pared interna de la carcasa) al PMA (véase la figura 1D2). En aún otras realizaciones, la ICA puede estar unida a la pared externa de la carcasa; y el PMA está montado para deslizarse o pasar externamente a la ICA (véase la figura 1D3); o el PMA esta montado para deslizarse, o pasar, internamente (a lo largo de la pared interna de la carcasa) a la ICA. Alternativamente, la ICA puede estar unida a la pared interna de la carcasa; y el PMA está montado para deslizarse, o pasar, externamente a la ICA; o el PMA esta montado para deslizarse, o pasar, internamente (a lo largo de la pared interna de la carcasa) a la ICA.

30 En aún otras realizaciones, un PMA puede estar unido a la columna central y la ICA puede deslizarse a lo largo del PMA (Véase la figura 1D6). Alternativamente, una ICA puede estar unida a la columna y el PMA puede pasar a lo largo de la ICA.

Breve descripción de los dibujos:

35 En los dibujos acompañantes, los caracteres con referencias similares denotan componentes similares; y

Las figuras 1A, 1B y 1C representan diversos WEC para su uso en la práctica de la invención;

40 La figura 1D es un diagrama (no a escala) que muestra la instalación de un PMA y una ICA de un LEG en el exterior de la carcasa de un WEC con medios para proporcionar multiplicación de la velocidad, de acuerdo con la invención;

45 La figura 1E es un diagrama ilustrativo (no a escala) de un WEC en el que la carcasa (flotador) se mueve generalmente en fase con las olas y la columna no está atada y puede moverse generalmente fuera de fase con el movimiento de las olas con un montaje de LEG conectado en el exterior de la carcasa del WEC con medios para proporcionar multiplicación de la velocidad, de acuerdo con la invención;

50 La figura 1D1 es un diagrama más detallado (no a escala) de un sistema de multiplicación de la velocidad que incorpora la invención;

55 La figura 1D2 es un diagrama (no a escala) de un sistema de multiplicación de la velocidad con el LEG posicionado en la pared interna de la carcasa del WEC;

La figura 1D3 es otro diagrama (no a escala) de un sistema de multiplicación de la velocidad con las bobinas de un LEG instaladas a lo largo de la pared externa de la carcasa del WEC y el PMA que pasa a lo largo del exterior de las bobinas;

5 Las figuras 1D4, 1D5 y 1D6 ilustran diferentes configuraciones de LEG posicionadas en WEC con multiplicación de la velocidad de acuerdo con la invención;

La figura 1D7 es un diagrama (no a escala) de un sistema de multiplicación de la velocidad en el cual el aparato de palanca esta posicionado por encima de la carcasa;

10 La figura 1D8 es un diagrama simplificado que ilustra los principios de multiplicación de la velocidad de la invención;

La figura 2 es un diagrama en sección transversal que ilustra que la columna central del WEC puede tener múltiples caras (por ejemplo, una columna cuadrada), teniendo la pared interna de la carcasa una cara paralela a cada lado de la columna central y con montajes de LEG situados a lo largo de las paredes exteriores de la carcasa;

15 Las figuras 3A, 3B, 3C y 3D representan, de manera ilustrativa, diferentes configuraciones de arreglos magnéticas y montajes de bobinas de inducción adecuados para uso en la práctica de la invención;

20 La Figura 4A es ilustrativa de un LEG con una configuración de "superficie" de un montaje de imán permanente usando alambres, bobinas, barras o laminas conductoras para la práctica de la invención;

La figura 4B es ilustrativo de un LEG con una configuración "enterrada" de un montaje de imán permanente usando alambres, bobinas, barras o láminas conductoras para la práctica de la invención; y

25 Las figuras 5a y 5b son diagramas de formas de onda que ilustran un voltaje mejorado y una potencia generada con LEG instalados en los WEC, de acuerdo con la invención.

Descripción detallada de la invención

30 Los convertidores de energía de las olas (WEC) adecuados para la práctica de la invención pueden incluir sistemas del tipo mostrado en las figuras 1A, 1B, y 1C. La figura 1A muestra una carcasa 10 que flota en forma neutra típicamente sumergida por debajo de la superficie del océano con una columna vertical (mástil) 12 atada o anclada. La figura 1B muestra una carcasa flotante que flota típicamente en la superficie del océano también con una columna vertical(mástil) 12 atada o anclada. La figura 1C ilustra un adsorbedor dual de energía de las olas donde la carcasa 10 y el mástil 12 se mueven en forma relativa entre sí, la carcasa generalmente en fase con las olas y el mástil tendiendo a moverse fuera de fase con la carcasa y/o las olas del océano. Los WEC pueden incluir uno, o más, dispositivos de accionamiento (PTO) que incluyen un dispositivo 20 generador eléctrico lineal (LEG) conectado entre la "carcasa" y el "mástil".

40 En general, cualquier WEC que incluye una primera y una segunda estructuras (por ejemplo, una carcasa y un columna) las cuales, en respuesta a fuerzas tales como aquellas producidas por las olas del océano, se mueven en forma relativa entre sí, pueden ser adecuadas para la practica de la invención. De acuerdo con la invención, un PTO, que incluye un generador 20 eléctrico lineal (LEG), puede estar acoplado entre la primera y la segunda estructuras para convertir su movimiento relativo en energía eléctrica, directamente. Además, de acuerdo con la invención, el PTO puede ser colocado en muchos lugares diferentes, proporcionando un alto grado de libertad en el diseño de la configuración física del sistema.

Generador eléctrico lineal (LEG)

50 En varias realizaciones de la invención, se propone un generador eléctrico lineal (LEG) como el dispositivo de accionamiento (PTO) del WEC por un cierto número de razones. La eficiencia proyectada de el sistema completamente eléctrico se estima que esta por encima del 90% a una fuerza y velocidad nominales. Esta eficiencia es muy superior a la eficiencia de menos del 80% del sistema hidráulico-eléctrico existente. Los componentes hidráulicos son también costosos, tienen una vida y confiabilidad limitados, y presentan desafíos de instalación y mantenimiento. La eliminación de los componentes hidráulicos es una razón importante para utilizar LEG.

55 Un beneficio significativo del LEG es que permite la implementación de una mejora significativa en eficiencia y en las características de supervivencia. Un aspecto de la invención es que permite implementar un sistema de concordancia de impedancia activo (AIMS) que incluye retroalimentar potencia a la boya (WEC) durante una porción de cada ciclo de ola. Se ha encontrado que la utilización de un sistema hidráulico para retroalimentación es difícil de lograr a largo plazo. La vida de un motor hidráulico, cuando se opera como una bomba, se acorta significativamente. El LEG, por otra parte, puede ser operado como un motor y/o como un generador, dependiendo de la dirección del flujo de corriente y de la fuerza mecánica aplicada. En consecuencia, el LEG permite una concordancia de impedancia activa, con un incremento resultante en la eficiencia del WEC.

65

Un LEG también puede ser configurado con una carrera esencialmente ilimitada. Esta característica tiene un beneficio enorme en términos de diseño estructural y supervivencia del WEC. En los diseños de WEC existentes, las fuerzas de impacto, no las fuerzas de las olas, controlan el diseño estructural. También, los WEC existentes tienen una carrera limitada, impulsados por la longitud finita del cilindro hidráulico u otros dispositivos PTO mecánicos, que requiere un sistema mecánico con topes y amortiguadores para absorber las cargas de impacto. El ancla, la unión universal, y la columna también pueden ser diseñados para manejar estas cargas. En un sistema que incluye la invención, sin estos topes, la fuerza sobre los componentes estructurales está limitada a aquella ejercida por el dispositivo de accionamiento (el LEG en este caso). Con la adición de placas de cobre o aluminio en el extremo de la carrera normal del dispositivo de accionamiento, se puede implementar una amortiguación pasiva (freno). Esta amortiguación sirve para tomar energía fuera de la boya en condiciones de tormenta. En consecuencia, se simplifica grandemente el diseño estructural de un WEC usando sistemas LEG.

Los WEC mostrados en las figuras 1A, 1B y 1C, que incorporan montajes de LEG como se muestra en las figuras 1D y 1E, son destinados a ser colocados en un cuerpo de agua (por ejemplo, un océano) y las olas provocan que la carcasa 10 se mueva hacia arriba y hacia abajo con relación a la columna central (pistón o mástil) 12. Es decir, el movimiento hacia arriba y hacia abajo de las olas del océano aplica una fuerza a la carcasa 10, provocando un movimiento hacia arriba y hacia abajo de la carcasa con respecto a la columna 12 que puede ser un elemento estacionario del sistema convertidor de energía de las olas. Alternativamente, la columna 12 también puede ser un elemento móvil, pero cuyo movimiento tiende a estar fuera de fase con el movimiento de la carcasa. En la figura 1A, 1B y 1D, se muestra el mástil 12 anclado para ser estacionario con la carcasa 10 que se mueve hacia arriba y hacia abajo. En las figuras 1C y 1E, dirigidas a una configuración amortiguadora dual, la carcasa 10 y el mástil 12 pueden moverse ambos en forma relativa entre sí, con la carcasa tendiendo a moverse, generalmente, en una dirección opuesta al mástil.

Diferentes WEC pueden utilizar diferentes configuraciones de LEG. Sin embargo, cada LEG 20 normalmente incluye un montaje de imán permanente (PMA), 22, y un montaje de bobina de inducción (ICA), 24. De acuerdo con la invención, el PMA 22 y la ICA 24 necesitan ser encajados en una carcasa sellada común. Los montajes del imán y la bobina de inducción encajados separadamente proporcionan opciones que no son posibles con máquinas eléctricas lineales conocidas con una carcasa común conocidos. Los montajes de LEG pueden ser colocados por encima, por debajo, en el interior o en el exterior de la carcasa del WEC.

Las figuras 1D y 1E muestran que diferentes montajes del LEG (por ejemplo, 20a, 20b) puede ser colocados en el exterior de la carcasa del WEC. En la figura 1D, una parte del LEG (por ejemplo, una del PMA y de la ICA) está montada a lo largo de la pared externa de la carcasa 10 y la otra parte del LEG (por ejemplo, la otra del PMA y de la ICA) está montada de manera que pase por, y en forma opuesta, la primera parte del LEG. Varias bielas 92(i) de acoplamiento (radio) están acopladas de forma giratoria a la columna 12 a través de un punto 901 de pivote (que funciona como un punto de apoyo). Cada biela 92i de acoplamiento es una barra o un cuerpo rígido similar (o puede ser cualquier placa de cuatro lados) que funciona como una palanca, siendo el punto 901 de pivote el punto de apoyo alrededor del cual gira la palanca 92i. Un extremo (de entrada) de cada biela 92i de acoplamiento se muestra conectado a un extremo (904) de la carcasa 10 por medio de una varilla 927i rígida y su otro extremo, o salida, se muestra conectado a través de una varilla 923i a un montaje de PMA o ICA. Cuando la carcasa se mueve, hacia arriba o hacia abajo, (véase la figura 1D1) el extremo 925, 903 (de entrada) de la palanca 92 se mueve en tándem, es decir, en fase, con la carcasa y a la misma velocidad (v_1). El otro extremo 921, 902, o de salida, de la palanca 92 se mueve en una dirección opuesta a la carcasa (y al extremo 925 de entrada) y al extremo 925 de entrada de la palanca con una velocidad v_2 .

La operación de la palanca puede ser explicada mejor con referencia a la figura 1D8, que es un diagrama en sección transversal muy simplificado que ilustra la invención. La palanca 92, que es una barra rígida está montada de forma giratoria en el eje 12 a través de un pasador 901 del pivote, que, como ya se ha señalado, funciona como un punto de apoyo, alrededor del cual puede oscilar la barra 92, hacia arriba o hacia abajo, o rotar. El extremo 925 de entrada de la palanca 92 está conectado (y enlazado) a través de una varilla 927 a un extremo 904 de la carcasa 10. El extremo de salida, 921, de la palanca está conectado (vinculado) a un extremo de una varilla 923 cuyo otro extremo está conectado a un PMA 22. Una ICA 24 está unida a la pared exterior de la carcasa 10. Supóngase, por ejemplo, que la carcasa 10 se mueve hacia abajo a una velocidad v_1 como resultado de una ola del océano. Cuando esto ocurre, la carcasa 10 hace que el extremo 925 de entrada de la palanca 92 sea empujado hacia abajo a una velocidad de v_1 . Si la longitud "a" del brazo 92 es igual a la longitud "b", entonces el extremo 921 de salida de la palanca 92 se moverá a la misma velocidad que el extremo de entrada; pero, en la dirección opuesta (es decir, 180 grados fuera de fase). El extremo 921 de salida impulsa la varilla 923 y el PMA 22. Para $92a = 92b$, el PMA pasará a través de la ICA con una velocidad igual a v_1 , en dirección hacia arriba mientras ICA 24 (unida a la carcasa) se mueve con una velocidad igual a v_1 , en dirección hacia abajo (y viceversa). Por consiguiente, la velocidad relativa del PMA a través de la ICA es igual a $2v_1$. Por lo tanto, mediante el uso del mecanismo tipo palanca, la velocidad efectiva entre el PMA y la ICA se ha duplicado.

Mediante la variación de la relación de los brazos de la palanca (es decir, la longitud de 92a con respecto a la longitud de 92b) la velocidad relativa del PMA con respecto a la ICA puede ser aumentada o disminuida adicionalmente. La palanca se puede describir como un cuerpo rígido que tiene dos extremos, con un punto intermedio entre los dos extremos, conectado a la columna.

En la figura 1D8 la ICA se muestra conectada a la carcasa y el extremo de salida de la palanca se muestra conectado al PMA. Pero, se debe entender que el PMA podría estar conectado a la carcasa y la ICA podría ser impulsado desde el extremo 921 de salida de la palanca a través de la varilla 923.

- 5 Una característica deseable de este diseño es que la velocidad relativa del estator del imán se puede aumentar sustancialmente para producir una mayor salida eléctrica. Como resultado, el requisito y el tamaño de la fuerza del LEG pueden reducirse (por ejemplo, reducirse a la mitad). Una desventaja de este enfoque es la carrera limitada que se puede lograr.
- 10 La amplitud y la frecuencia del voltaje obtenidas a partir de un LEG es una función de la velocidad con la que los imanes y las bobinas interactúan (es decir, la velocidad a la que uno pasa por encima, o a través de la otra). Generalmente, duplicar la velocidad de las bobinas (o imanes) que pasan los imanes (o bobinas) del LEG trae como resultado la duplicación de la amplitud del voltaje producido dentro o a través de la ICA. Este es el resultado del hecho de que el voltaje de la bobina (e) producido es igual a $N \, d\phi/dt$; donde N es un factor de acoplamiento de flujo y ϕ es el flujo magnético entre el PMA y la ICA. Si ocurre un cambio dado en $d\phi$ en la mitad del tiempo, entonces se duplica la amplitud del voltaje de salida. En consecuencia, es altamente deseable aumentar la velocidad de las bobinas que pasan a lo largo de los imanes. Especialmente cuando los voltajes tienen que ser rectificadas y las redes del rectificador causan pérdidas fijas.
- 15
- 20 En la figura 1D1 (y 1D8), el eje 12 está atado y la carcasa 10 se posiciona alrededor del eje y permanece así posicionado; pero puede moverse hacia arriba y hacia abajo con respecto al eje 12 central por medio de rodamientos 910, 911 de eje que permiten que la carcasa se deslice hacia arriba y hacia abajo. En la figura 1D1, el montaje del LEG 20 incluye: (a) un PMA 22 que se encuentra en, o a lo largo de, la pared exterior de la carcasa y que corre a lo largo de la longitud de la carcasa 10; y (b) una ICA 24 también se localiza en el exterior de la carcasa, exterior al PMA. Un biela 92 de empuje está conectado de forma giratoria a la columna 12 en un punto 901 de pivote (punto de apoyo), por lo cual los dos extremos opuestos del biela 92 de empuje pueden oscilar hacia arriba y hacia abajo, al igual que un balancín. El extremo 925 de entrada, del biela 92 de empuje está enlazado a la carcasa 10 y se mueve hacia arriba y hacia abajo con la carcasa. El extremo 921 de salida, del biela 92 de empuje está acoplado a la ICA (o el PMA) y hace que la ICA (o el PMA) se muevan en una dirección opuesta a la dirección en la que se mueve la carcasa. La multiplicación de la velocidad se obtiene variando la relación de la longitud (92a, 92b) de los brazos que se extienden desde el punto de pivote hasta los extremos de los brazos radiales. En la figura 1D1 la longitud del biela de empuje que se extiende desde el punto de pivote hasta el extremo 925 de entrada, acoplado a la carcasa 10, se define como "a" y la longitud del biela de empuje que se extiende desde el punto de pivote hasta el extremo 921 de salida, se define como "b". (Para facilitar la discusión, el punto 921 y el pivote 902 se asumen como el mismo punto). El extremo 921, 902 de salida del brazo 92 de palanca está acoplado a través de un brazo 923 de conexión (varilla) a un enlace 905 que está conectado a un extremo del montaje 24 de la bobina. En la figura 1D1, el extremo 925 de entrada de brazo 92 de pivote está conectado a un punto 903 de pivote que está acoplado a través de una biela 927 de acoplamiento a un punto 904 de enlazamiento que está conectado a la parte inferior derecha de la carcasa 10.
- 25
- 30
- 35
- 40 Una presión diferencial entre las superficies superior e inferior del WEC 10 (es decir, la carcasa 10) hace que la carcasa 10 se mueva hacia abajo con velocidad v_1 , como se muestra en la figura 1D1. La carcasa 10 se desplaza en una trayectoria, generalmente paralela al eje 12, con el eje 12 que pasa a través de los rodamientos 910, 911. La carcasa 10 está conectada a la biela 92 de empuje por medio de la biela 927 de acoplamiento. Cuando la carcasa 10 se mueve hacia abajo hace que el punto 903 del extremo de entrada sea empujado hacia abajo y los puntos 921 y 902 de salida sean impulsados hacia arriba. Asumiendo que la longitud de la biela de acoplamiento desde el punto 903 de entrada hasta el punto 901 de pivote central es "a" y que la longitud de la biela de acoplamiento desde el punto 901 de pivote central hasta el punto 902 de salida es "b". Al cambiar las dimensiones de "a" y/o de "b", el brazo 92 de palanca, conectado de forma giratoria al eje en el punto 901 de pivote, se pueden utilizar para producir diferentes relaciones de multiplicación. Es decir, la porción 92a de la biela 92 de empuje se extiende durante una distancia "a" entre el punto 901 de pivote y el extremo 925 de entrada de la porción 92b del brazo 92 y se extiende a una distancia "b" entre el punto 901 de pivote y el extremo 921 de salida. La porción central del brazo (o placa) 92 de la figura 1D1 puede ser ranurada para permitir que el brazo de palanca o la placa puedan ser movidos lateralmente con el fin de cambiar la relación de la longitud "a" con respecto a la longitud "b". Aunque se muestra una sola placa o barra en las figuras, se puede colocar una placa doble o barra en el lado opuesto de la columna estando las dos placas unidas para proporcionar una mayor resistencia y equilibrio.
- 45
- 50
- 55
- 60 El brazo 92 puede ser movido lateralmente a lo largo de la ranura y fijado de tal manera que las distancias "a" y "b" puedan ser variadas. Cuando "a" es igual a "b", la velocidad v_2 es igual a la velocidad v_1 (pero en dirección opuesta); cuando "b" es mayor que "a", la velocidad v_2 es mayor que v_1 . De hecho, cuando "b" es dos veces el valor de "a", v_2 es dos veces el valor de v_1 . La relación de v_2 a v_1 se puede expresar de la siguiente manera: v_2 es aproximadamente igual a (b/a) veces v_1 .
- 65 El significado de las velocidades v_1 y v_2 (y su dirección) es que ellas determinan la velocidad a la que el PMA 22 y la ICA del LEG 20 pasan el uno a través de la otra y la calidad de los voltajes de salida generados a través de la ICA.

En la figura 1D1, el PMA se muestra unido a lo largo de la longitud de la carcasa 10 del WEC. La ICA 24 está acoplada magnéticamente (firmemente) al PMA 22 y es físicamente obligada a viajar a lo largo del PMA. La ICA es impulsada por la barra 923 que a su vez es impulsada por la salida de la palanca 92. ICA 24 se mueve hacia arriba cuando la carcasa 10 se mueve hacia abajo, y se mueve hacia abajo cuando la carcasa 10 se mueve hacia arriba. Mediante el ajuste de la relación de 92a con respecto a 92b, se pueden obtener diferentes velocidades relativas entre el PMA 22 (que funciona como el rotor) y la ICA 24 (que funciona como el estator) del LEG.

La velocidad relativa (delta V) se puede describir como sigue:

$$\Delta v = v_1 + v_2 = v_1(b+a)/a \quad \text{eq. 1A}$$

Nota: para interpretar correctamente la ecuación 1A hay que recordar que v_1 y v_2 van en direcciones opuestas de manera que si se asigna un signo positivo a una dirección, la dirección opuesta es un menos.

La figura 1D2 ilustra que el montaje del LEG puede estar localizado en la pared interna de la carcasa 10. La operación de esta configuración es por lo demás similar a la de la figura 1D1.

La figura 1D3 ilustra que el montaje 24 de bobina de inducción puede ser dispuesto a lo largo de la longitud de la carcasa y que se puede acoplar un montaje 22 de imán permanente a un extremo de una barra 923 de manera que se mueva hacia atrás y hacia delante a través y a lo largo del montaje de la bobina.

La figura 1D4 ilustra que la sección 150u está formada en o por encima de la parte superior de la carcasa 10 y una sección 150d está formada en o por debajo de la parte inferior de la carcasa 10. Las secciones 150u y 150d pueden ser parte del montaje del LEG y proporcionan un recorrido adicional para el montaje magnético o de la bobina. Alternativamente, las secciones 150u y 150d pueden incluir un medio para frenado o amortiguación del recorrido del montaje magnético e impedir que este vaya más allá de las partes superior o inferior de la carcasa 10. Las secciones 150u y 150d pueden incluir, por ejemplo, bobinas en cortocircuito o una barra de cobre o cualquier aparato similar que proporcione una fuerza contraria fuerte al movimiento del montaje magnético.

La figura 1D5 ilustra que el LEG puede estar formado de una ranura en una pared externa de la carcasa.

La figura 1D6 ilustra que el montaje del LEG podría también estar ubicado a lo largo de la columna dentro de la carcasa.

La Figura 1D7 ilustra que el aparato 942 tipo palanca puede colocarse por encima de la carcasa con la palanca 942 rígida montada de forma giratoria sobre la columna 12 a través de un pasador 980 de pivote que funciona como el punto de apoyo de la palanca 942. La carcasa se conecta a la palanca por medio de una barra 943 que se extiende desde el extremo del brazo 942a para conectar el pasador 941 que se encuentra en la carcasa 10 una distancia "a" de la columna central. El otro extremo del brazo 942b se conecta a través de una barra 945 a un PMA 22 y es impulsado sobre un montaje 24 de bobina. La relación de la longitud de los brazos 942A con respecto al brazo 942b puede ser seleccionada para determinar el múltiplo de v_2 como una función de v_1 . El funcionamiento de la estructura es por lo demás similar a la ya descrita.

La figura 2 muestra una sección transversal de cuatro montajes de los LEG montados externamente a la carcasa 10 y que puede ser impulsados, como se discutió anteriormente. La columna 12 interior puede ser una columna cuadrada y la(s) pared(es) 110 interna(s) de la carcasa 10 puede(n) también formar una columna cuadrada que rodea la columna 12 para impedir la rotación de la carcasa con relación a la columna. Cada montaje del LEG incluye un soporte 123 para el LEG, una ICA 24 montada sobre el soporte 123, un espacio 125 de aire, un PMA 22, una placa 122 magnética de soporte y una placa 127 de soporte para el LEG. El PMA 22 (o ICA 24) y su soporte pueden estar conectados (enlazados) a un brazo 923 de conexión para hacer que el montaje se mueva en una dirección que es opuesta al movimiento de la carcasa como se discutió anteriormente. En general, la ubicación y el montaje de la ICA 24 y el PMA 22 pueden intercambiarse, como ya se ha discutido.

Las figuras 3A, 3B, 3C, 3D y son diagramas ilustrativos que muestran cuatro posibles geometrías de imán permanente y la bobina de inducción. En la figura 3A, el montaje 22a del imán es relativamente corto y está diseñado para moverse con relación al montaje 24a de la bobina de inducción que está diseñado para ser relativamente largo (y para ser estacionario o moverse fuera de fase con relación al montaje magnético). En la figura 3B, el montaje 24b de la bobina de inducción está diseñado para ser corto y moverse en relación con el montaje 22b magnético que está diseñado para ser largo (y para ser estacionario o moverse fuera de fase con relación al montaje de la bobina). En la figura 3C, el montaje 22c magnético está diseñado para ser largo y para moverse en relación con el montaje 24c de la bobina de inducción correspondiente que está diseñado para ser corto (y estacionario o moverse fuera de fase con relación al montaje magnético). En la figura 3D, el montaje 24d de la bobina de inducción está diseñado para ser largo y para moverse con respecto al montaje 22d de imán permanente correspondiente que está diseñado para ser corto (y estacionario o moverse fuera de fase con respecto al montaje de la bobina). Esto muestra cuatro de las muchas variaciones posibles en las geometrías de los montajes de la bobina y del imán.

Debe también tenerse en cuenta que los montajes magnéticos y de bobina pueden ser ambos capaces de moverse al mismo tiempo (preferiblemente a diferentes velocidades y/o en direcciones opuestas).

5 Como ya se ha discutido y mostrado, el posicionamiento de los montajes magnéticos y de bobinas puede ser intercambiado. Por ejemplo, los imanes pueden ser montados en la columna central interior (mástil o eje) y las bobinas se pueden montar sobre el elemento exterior (en el interior o el exterior de la carcasa). Alternativamente, las bobinas pueden montarse en el interior de la columna central (mástil o pistón) y los imanes pueden estar montados sobre el elemento exterior (carcasa o embarcación).

10 Las figuras 4A y 4B son diagramas de sección transversal que muestran la formación de dos montajes diferentes de imán permanente y configuraciones de montaje de bobina. La figura 4A muestra una estructura que puede denominarse una configuración de imán permanente de "superficie". En la estructura de la figura 4A, los imanes 22s permanentes están montados en una placa 122s ferromagnética que está montada sobre una estructura 127s de soporte magnético. El montaje magnético puede estar incorporado en un recinto 411 ferromagnético. Los imanes (mia, mib) del montaje magnético se fijan a la superficie de la placa "magnética" con los imanes magnetizados en una dirección perpendicular a la dirección del movimiento relativo entre las bobinas de inducción y los imanes (mia, mib). Cada imán (polo norte-sur de mia) tiene una polaridad opuesta a aquella de su imán vecino (polo sur-norte de mib).

20 Es posible configurar cada polo magnético de imanes múltiples (es decir, uno de los polos del imán puede ser en realidad varios imanes adyacentes magnetizados con la misma polaridad). La distancia longitudinal entre los centros de imanes adyacente (de polaridad opuesta) es la "distancia entre puntos correspondientes del polo". Los imanes están polarizados en forma opuesta y el número de imanes por montaje es un múltiplo de dos. El montaje 24s de la bobina de inducción incluye una armadura ranurada de material ferromagnético que funciona como una horquilla montada sobre una estructura 123s de soporte de la bobina. El montaje de la bobina de inducción está encerrado en un recinto 413 no ferromagnético. Como se muestra en la figura 4A, se forman numerosas ranuras en la horquilla, en el lado que da frente al montaje 22 del imán permanente, y se insertan las bobinas conductoras (bobinas, o barras, o láminas de alambre aislado y eléctricamente conductor) en estas ranuras. Un "circuito" magnético se compone de un imán polarizado hacia el norte, un espacio de aire entre el imán polarizado hacia el norte y los montajes de bobina de inducción, el montaje de las bobinas y la horquilla, el espacio de aire entre el imán polarizado hacia el sur y los montajes de bobina, el imán polarizado hacia el sur, y la placa de soporte del imán ferromagnético. La fuerza mecánica y el movimiento son convertidos en corriente eléctrica y en voltaje a través de su conversión electromagnética.

35 Las ranuras son perpendiculares a la dirección del movimiento relativo entre los montajes del imán y la bobina. Cada bobina está formada por material eléctricamente conductor (por ejemplo, alambre de cobre) que entra en una ranura en un lado de la horquilla, sale de la ranura en el otro lado, se desplaza hacia otra ranura situada a una distancia entre puntos correspondientes del polo magnético en la dirección longitudinal y sale de la misma ranura al otro lado de la horquilla. El número de ranuras y de bobinas puede ser cualquier múltiplo de dos por la distancia entre puntos correspondientes del montaje del imán.

40 Por ejemplo, una implementación de tres fases tendría tres bobinas colocadas en seis ranuras que cubren una distancia longitudinal igual a aquella distancia entre puntos correspondientes del polo magnético. Este patrón de bobinas se puede repetir sobre la longitud del montaje de la bobina y puede conectarse en serie, eléctricamente, para aumentar la salida de voltaje.

45 El movimiento de las bobinas con respecto a los imanes provoca un voltaje que se induce en las bobinas, que es proporcional a la magnitud y a la velocidad de cambio del flujo magnético. La corriente eléctrica fluye a través de las bobinas cuando se conecta una carga externa a través de los terminales de las bobinas.

50 La figura 4B muestra una placa 127x de soporte del imán sobre la cual se monta una horquilla 122x no ferromagnética sobre la cual se monta una placa ferromagnética que incluye imanes permanentes contenidos dentro de la placa ferromagnética. En la figura 4B, se colocaron dos polos norte próximos entre sí (y opuestos) y dos polos sur próximos entre sí. Esta estructura es generalmente denominada como una configuración "enterrada" de imán permanente. Cada uno de los montajes magnético y de bobina están encerrados en forma separada en recintos no ferromagnéticos, como se muestra en la figura 4A. La configuración de "imán de superficie" de la figura 4A, así como la configuración de "imán enterrado" de la figura 4B son opciones viables para implementación de la invención.

60 La figura 5a muestra el voltaje de salida del LEG en función de la velocidad diferencial de la carcasa con respecto a la columna del WEC (es decir, la velocidad de la carcasa con respecto a la columna). Como se muestra, la amplitud del voltaje de salida del LEG es proporcional a la velocidad. El voltaje de salida del LEG también es proporcional al flujo magnético y a la configuración de la bobina. La frecuencia del voltaje de salida se muestra también como proporcional a la velocidad. Esto puede ser explicado de la siguiente manera. Cada vez que una bobina pasa sobre un par de polos (imanes norte-sur) se produce un ciclo de voltaje. Si la bobina pasa sobre el par de polos en menos tiempo (debido al aumento de la velocidad), se aumenta la frecuencia del voltaje de salida.

65 La figura 5b muestra la potencia de salida del LEG en función de la carcasa del WEC con respecto a la velocidad diferencial de la columna. En el ejemplo mostrado, la potencia del LEG es máxima cuando la velocidad de la columna

con respecto a la carcasa es la más alta. La potencia promedio del WEC es aproximadamente la mitad de la potencia del pico.

Debe tenerse en cuenta que:

- 5
1. A medida que aumenta la velocidad del PMA o de la ICA por la relación del brazo de palanca [$v_{leg} = v_{flotador} \cdot (a+b)/a$], la fuerza efectiva disminuye por la relación del brazo de palanca [la potencia (velocidad x fuerza) se mantiene igual]. Para una palanca 1:1, la velocidad relativa se duplica mientras que la fuerza efectiva se reduce a la mitad.
- 10
2. Pero, el tamaño requerido del montaje del imán que es aproximadamente proporcional a la fuerza (típicamente 20-25 kN por metro cuadrado) puede reducirse a la mitad, si la fuerza se reduce a la mitad. El resultado neto es que el tamaño del PMA puede reducirse significativamente (por ejemplo, de 6 metros cuadrados a 3 metros cuadrados).
- 15
3. La reducción del tamaño de un componente (es decir, el PMA) por la relación de la palanca, generalmente conlleva que el tamaño (por ejemplo, la longitud) del otro componente (por ejemplo, la ICA que funciona como estator) tiene que aumentar por la relación del brazo de palanca. Para una palanca 1:1, la longitud del estator se duplica a la vez que el longitud del montaje del imán se reduce a la mitad. Dado que los montajes de imán y de bobina tienen alguna longitud que no es cero, la relación no es del todo proporcional a la relación del brazo de palanca.
- 20
- Los beneficios de la incorporación de estas características incluyen:
1. El voltaje producido a la salida de la ICA es proporcional a la velocidad para una distancia entre puntos correspondientes del polo fijo del PMA. La distancia mínima entre puntos correspondientes del polo está generalmente fijada por el ancho del espacio de aire que puede ser mantenido. La distancia mínima entre puntos correspondientes del polo debe ser al menos 25 veces el ancho del espacio de aire. La eficiencia en general aumenta con el voltaje. Por lo tanto, un voltaje y una velocidad superiores en general se traducen en una eficiencia mayor. Un voltaje mayor es bueno porque disminuye la corriente y disminuye las pérdidas de I^2R . También, un voltaje mayor es bueno porque los dispositivos de conmutación del convertidor de potencia a menudo tienen una caída de fija de voltaje (por ejemplo 1,8 V para transistores IGBT).
- 25
2. La frecuencia es proporcional a la velocidad para una distancia mínima entre puntos correspondientes fijos del polo. La distancia mínima entre puntos correspondientes del polo es generalmente fijada por el ancho del espacio de aire que se puede mantener. Un sistema rectificador pasivo (que consta de un conjunto de diodos y condensadores) en general se desempeña mejor y/o es más pequeño para una frecuencia eléctrica mayor. Si la fluctuación del voltaje es un problema, la mayor frecuencia ayuda a reducir el tamaño de los condensadores o la cantidad de fluctuaciones de voltaje.
- 30
3. El montaje del imán permanente es típicamente la pieza más pesada y más costosa del sistema del LEG. Por lo tanto, reduciendo su tamaño a costa de aumentar el tamaño del estator en general ayuda al peso y al coste del sistema.
- 35
4. La disminución del tamaño del montaje del imán tiene varios beneficios
 - a. Más fácil de proteger para evitar la recolección de escombros
 - b. Más fácil para proteger al personal
 - c. Menos fuerza de atracción entre PMA-ICA, lo cual simplifica el diseño de rodamientos; (esto es importante ya que, por ejemplo, un LEG pequeño de 1 KW tiene 4 toneladas de fuerza de atracción.)
- 40
- También debe apreciarse que el brazo de palanca y el LEG pueden estar completamente contenidos dentro de la porción interna de la carcasa y se puede sellar la porción interna de la carcasa. Los elementos 910, 911 serían los sellos que mantendrían sellado el compartimento interno de la carcasa. De esta forma, el LEG puede estar en un compartimento hermético al aire. Una barra de empuje desde fuera de la carcasa entra la porción interna de la carcasa a través del sello para activar el brazo de palanca e impulsar el PMA y/o la ICA.
- 45
- 50

Reivindicaciones

1. Un convertidor de energía de las olas (WEC), que comprende:

- 5 una carcasa (10) y una columna (12) destinados a ser colocados en un cuerpo de agua con la carcasa y la columna moviéndose una con respecto a la otra como una función de las olas presentes en el cuerpo de agua;
- 10 un traductor (92) mecánico acoplado entre la carcasa y la columna que tiene una entrada que responde a la velocidad (v_1) de entrada de la carcasa con relación a la columna y que tiene una salida cuya velocidad (v_2) es un múltiplo de la velocidad (v_1) de entrada de la carcasa con relación a la columna; caracterizado porque
- 15 uno entre un montaje de una bobina de inducción (ICA) (24) y un montaje magnético permanente (PMA) (22) está unido a la carcasa, y se mueve en concierto con la carcasa, y el otro entre la ICA y el PMA es impulsado desde la salida del traductor mecánico y se mueve a través de uno entre la ICA y el PMA unido a la carcasa.
- 20 2. Un WEC como se reivindica en la reivindicación 1, en donde el traductor mecánico incluye un brazo de palanca (92, 242) que tiene un extremo de entrada (903), un extremo de salida (902), y un punto intermedio (901) entre los extremos de entrada y de salida;
- 25 y medios para conectar de forma giratoria y montar de forma pivotante el punto intermedio del brazo de palanca a y a lo largo de la columna y para conectar el extremo (903) de entrada de la palanca a la carcasa (10), mediante lo cual el extremo de entrada de la palanca se mueve a una velocidad determinada por la carcasa y en fase con la carcasa y el extremo de salida se mueve a una velocidad que es un múltiplo de la velocidad de la carcasa y en una dirección que es generalmente opuesta a la de la carcasa.
- 30 3. Un WEC como se reivindica en la reivindicación 2 en donde el brazo (92) de palanca está montado de forma giratoria a lo largo de la columna por debajo de la carcasa.
- 35 4. Un WEC como se reivindica en la reivindicación 2 en donde el brazo (942) de palanca está montado de forma giratoria a lo largo de la columna por encima de la carcasa.
- 40 5. Un WEC como se reivindica en la reivindicación 2 en donde la porción de la palanca que se extiende desde el punto intermedio hasta el extremo de entrada tiene una longitud "a" y en donde la porción del brazo de palanca que se extiende entre el punto intermedio y el extremo de salida tiene una longitud "b"; y en donde la velocidad en el extremo de salida del brazo de palanca es igual a la velocidad del extremo de entrada multiplicado por b/a .
- 45 6. Un WEC como se reivindica en la reivindicación 5 en donde uno entre un montaje de bobina de inducción (ICA) (24) y un montaje magnético permanente (PMA) (22) está unido a la carcasa, y se mueve en concierto con la carcasa y el otro entre la ICA y el PMA está acoplado a, e impulsado desde, el extremo de salida del brazo de palanca y se mueve a través de uno entre la ICA y el PMA unido a la carcasa a una velocidad que es sustancialmente igual a la velocidad del extremo de entrada multiplicado por b/a ; y en donde la velocidad diferencial entre el PMA y la ICA es igual a la suma del extremo de entrada y el extremo de salida.
- 50 7. Un WEC como se reivindica en la reivindicación 2 en donde uno entre un montaje de bobina de inducción (ICA) (24) y un montaje magnético permanente (PMA) (22) está unido a la pared interior de la carcasa, y se mueve en concierto con la carcasa, y el otro entre la ICA y el PMA está acoplado a, e impulsado desde, el extremo de salida del brazo de palanca y se mueve a través de uno entre la ICA y el PMA unido a la carcasa a una velocidad que es sustancialmente igual a la velocidad del extremo de entrada multiplicado por b/a ; y en donde la velocidad diferencial entre el PMA y la ICA es igual a la suma del extremo de entrada y el extremo de salida.
- 55 8. Un WEC como se reivindica en la reivindicación 2 en donde uno entre un montaje de bobina de inducción (ICA) (24) y un montaje magnético permanente (PMA) (22) está unido a la pared exterior de la carcasa, y se mueve en concierto con la carcasa, y el otro entre la ICA y el PMA está acoplado a, e impulsado desde, el extremo de salida del brazo de palanca y se mueve a través de uno entre la ICA y el PMA unido a la carcasa a una velocidad que es sustancialmente igual a la velocidad del extremo de entrada multiplicado por b/a ; y en donde la velocidad diferencial entre el PMA y la ICA es igual a la suma del extremo de entrada y el extremo de salida.
- 60 9. Un WEC como se reivindica en la reivindicación 2 en donde uno entre un montaje de bobina de inducción (ICA) (24) y un montaje magnético permanente (PMA) (22) está unido a la columna, y el otro entre la ICA y el PMA está acoplado a, e impulsado desde, el extremo de salida del brazo de palanca y se mueve a través de uno entre la ICA y el PMA unido a la carcasa a una velocidad que es sustancialmente igual a la velocidad del extremo de salida de la palanca.

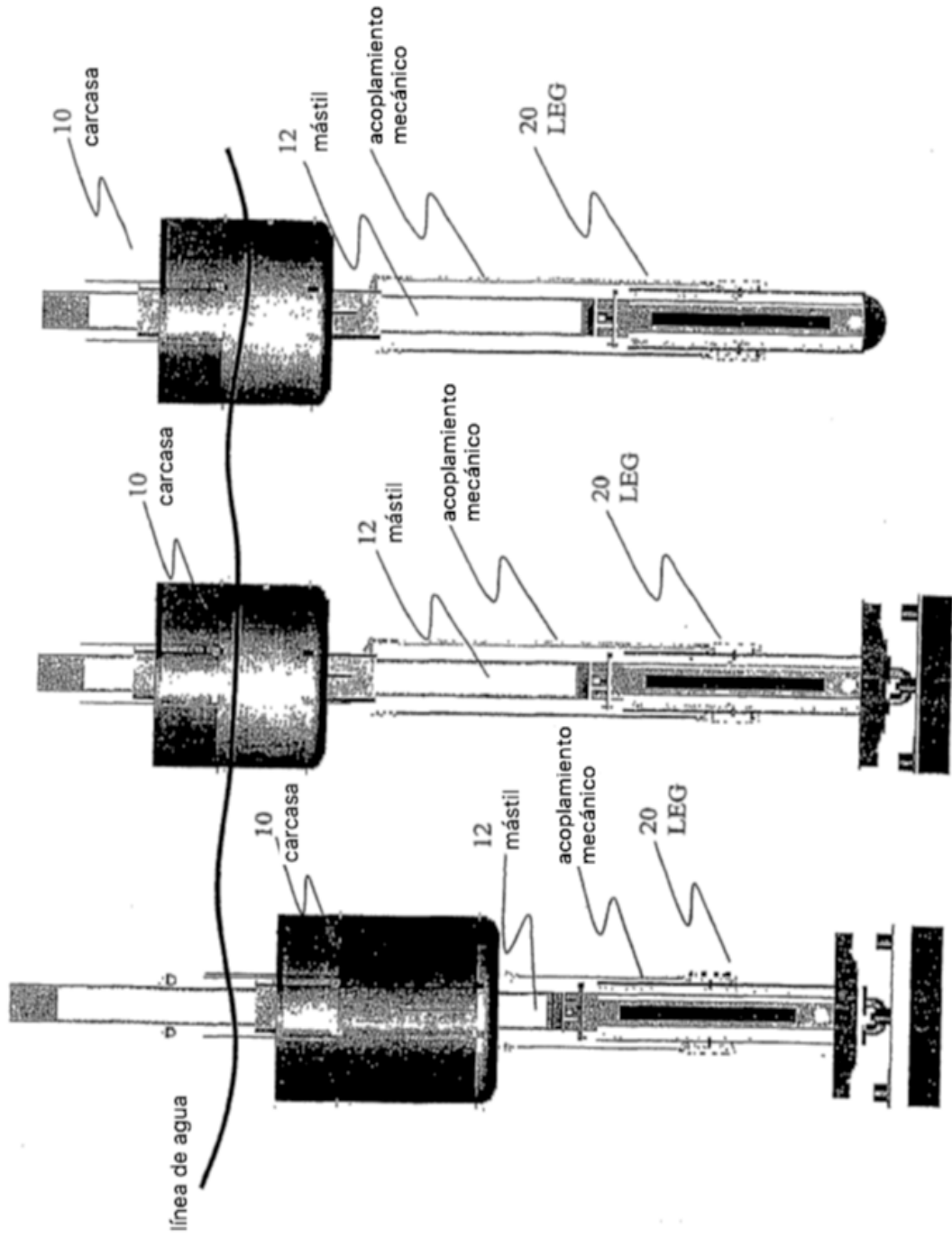


FIGURA 1C

FIGURA 1B

FIGURA 1A

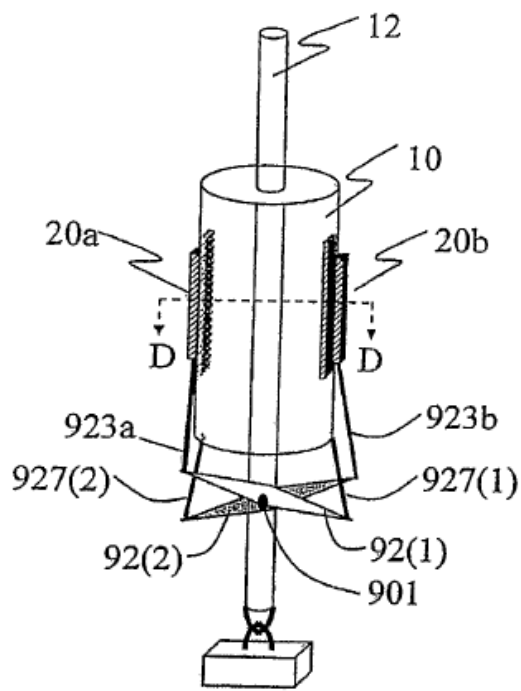


FIGURA 1D
WEC anclado con LEG

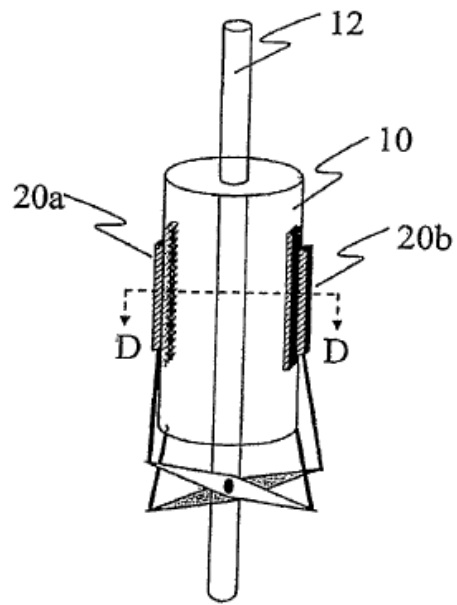
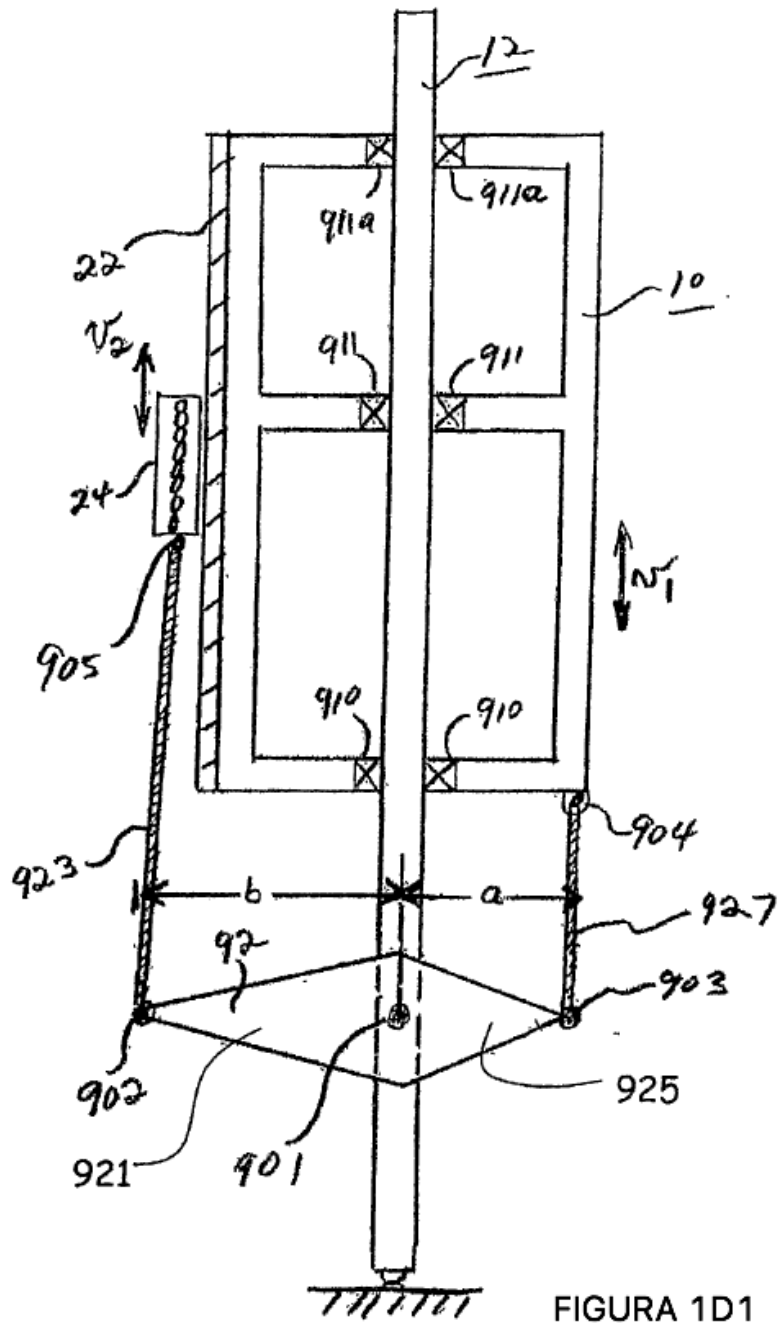


FIGURA 1E
Amortiguador dual del WEC con LEG



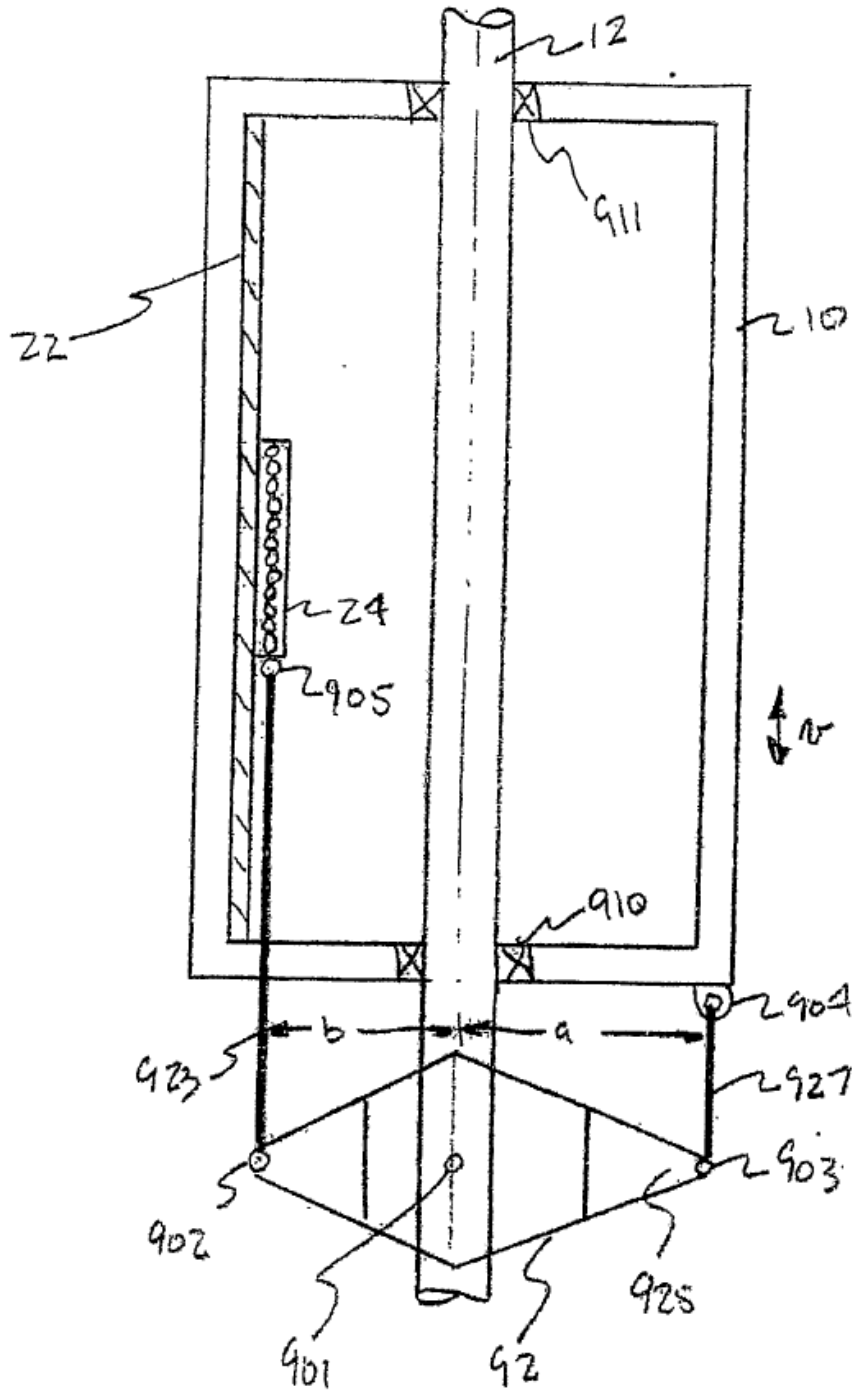
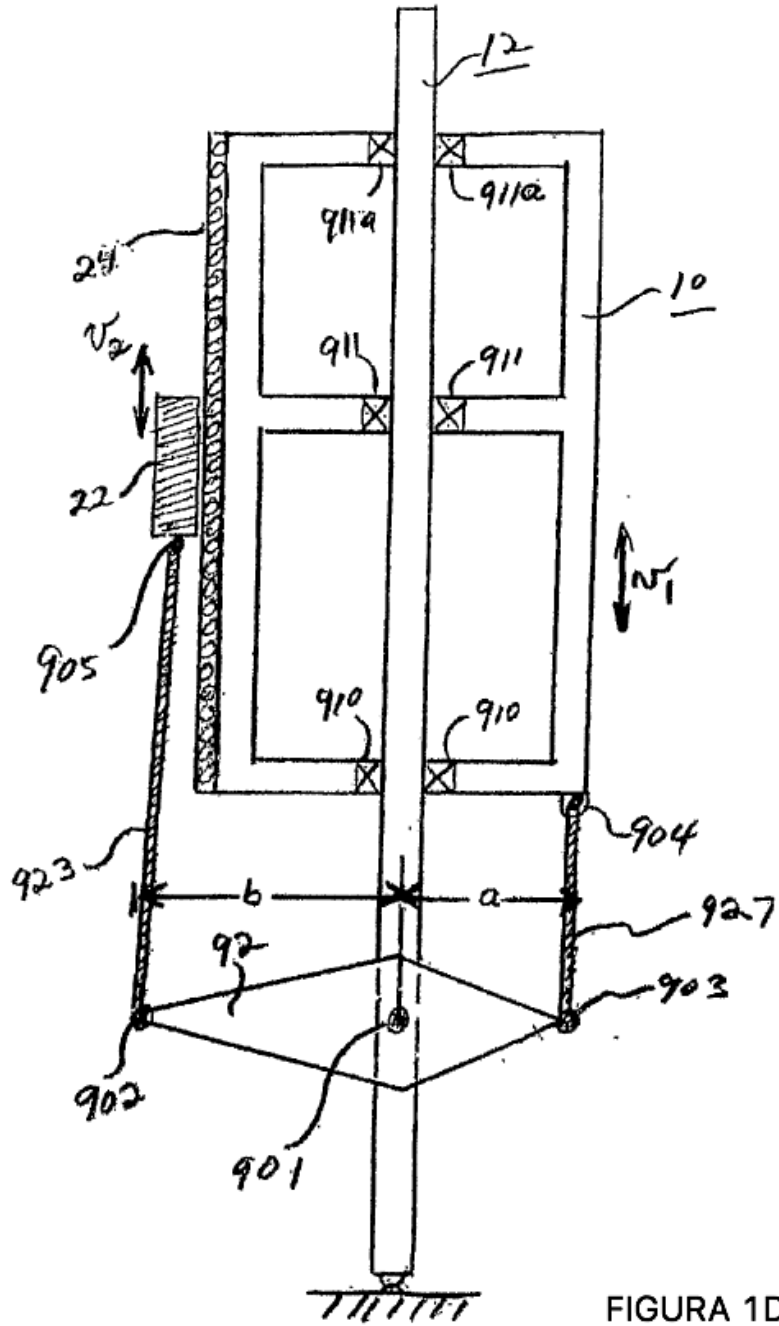
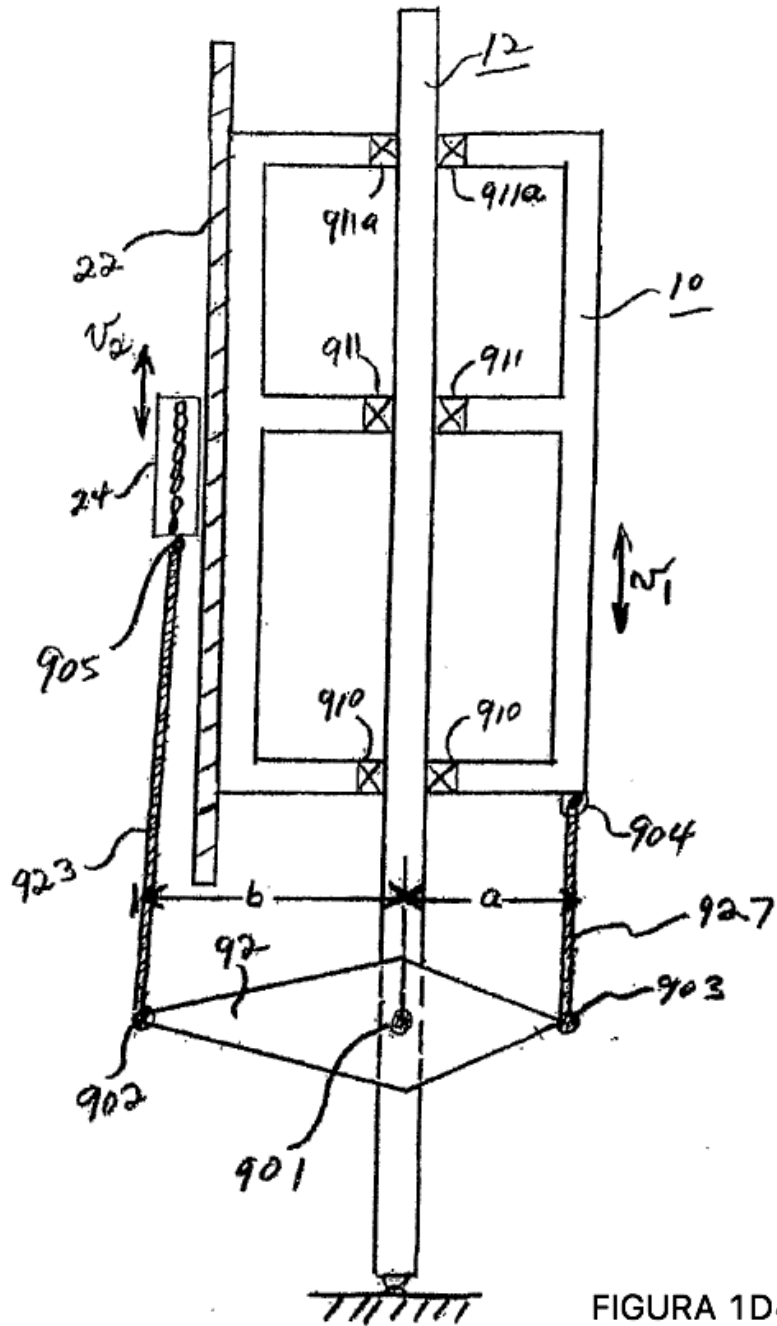
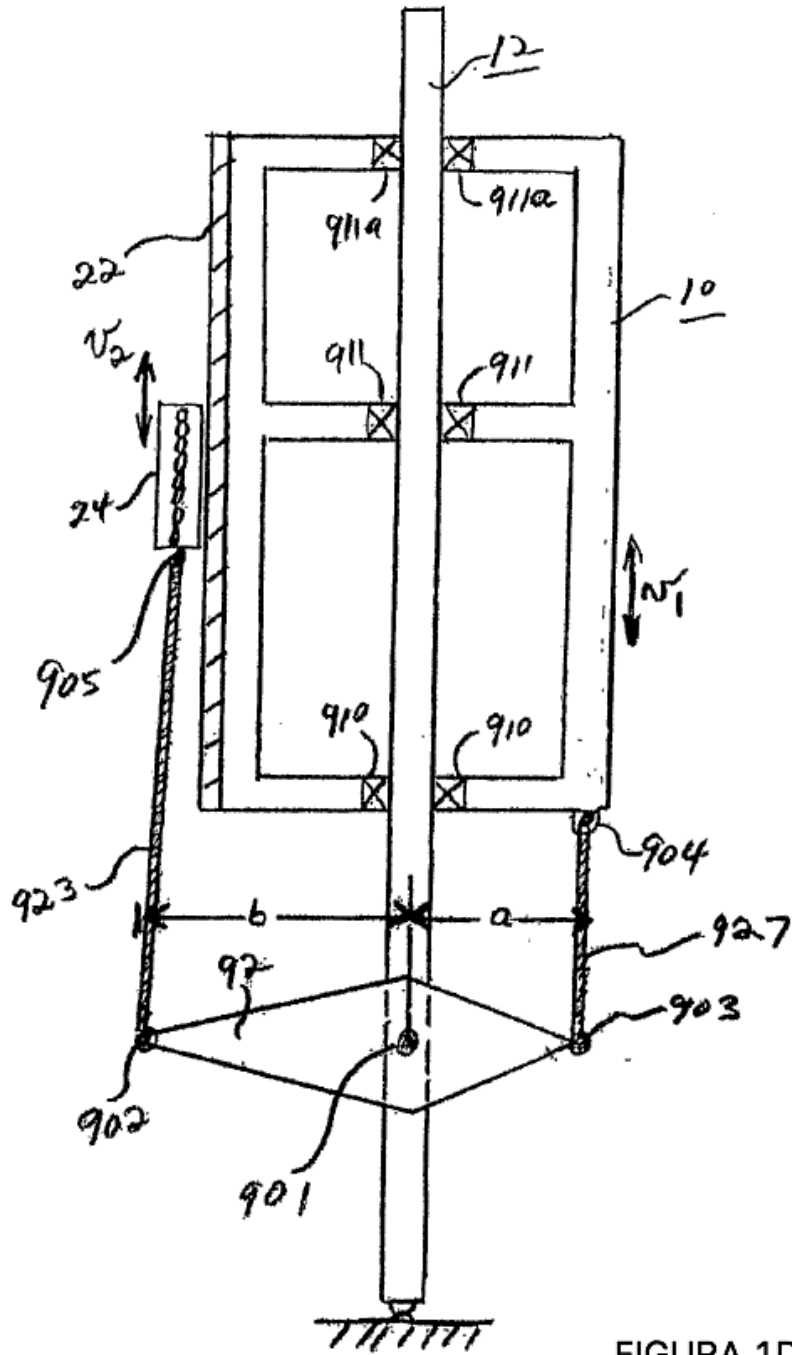


FIGURA 1D2







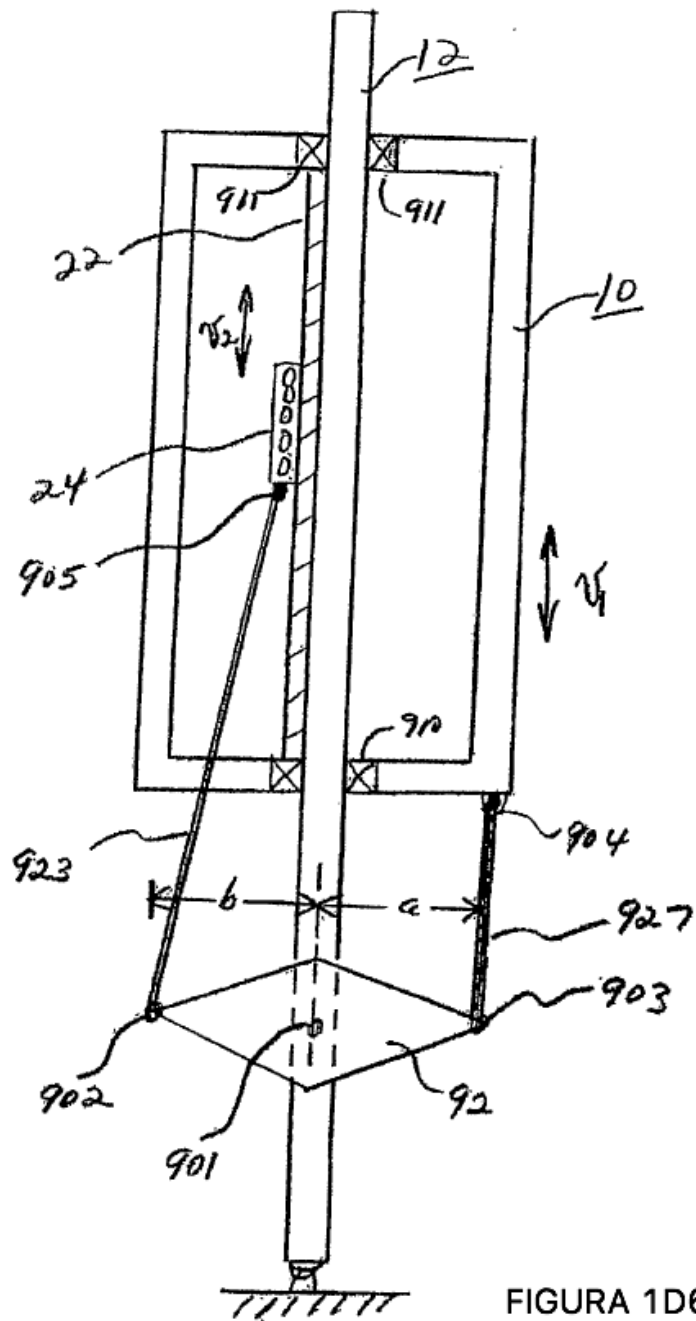


FIGURA 1D6

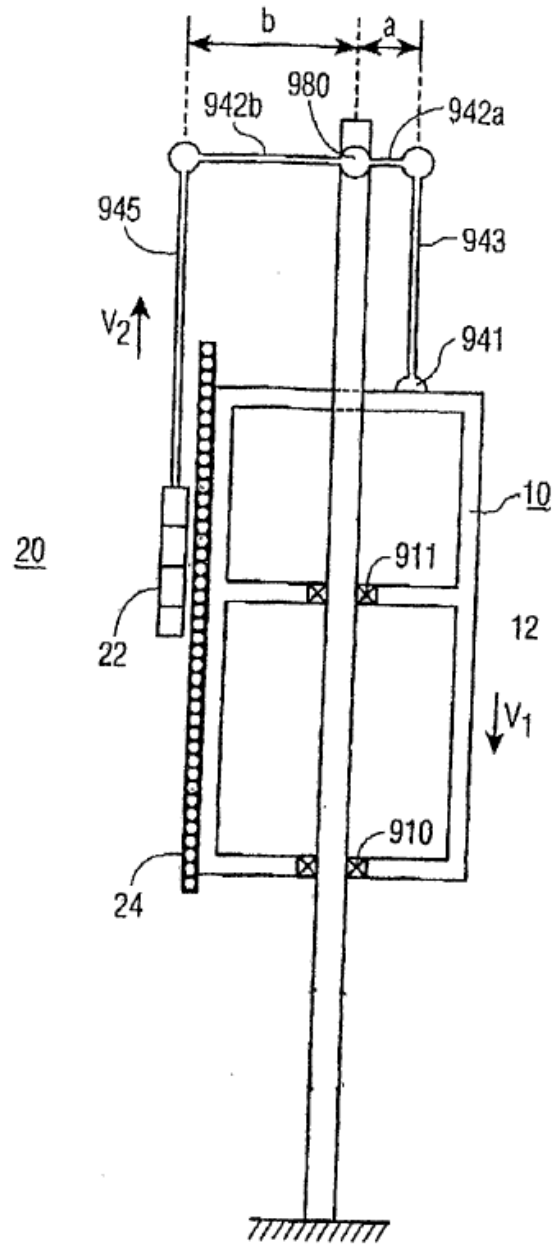


FIGURA 1D7

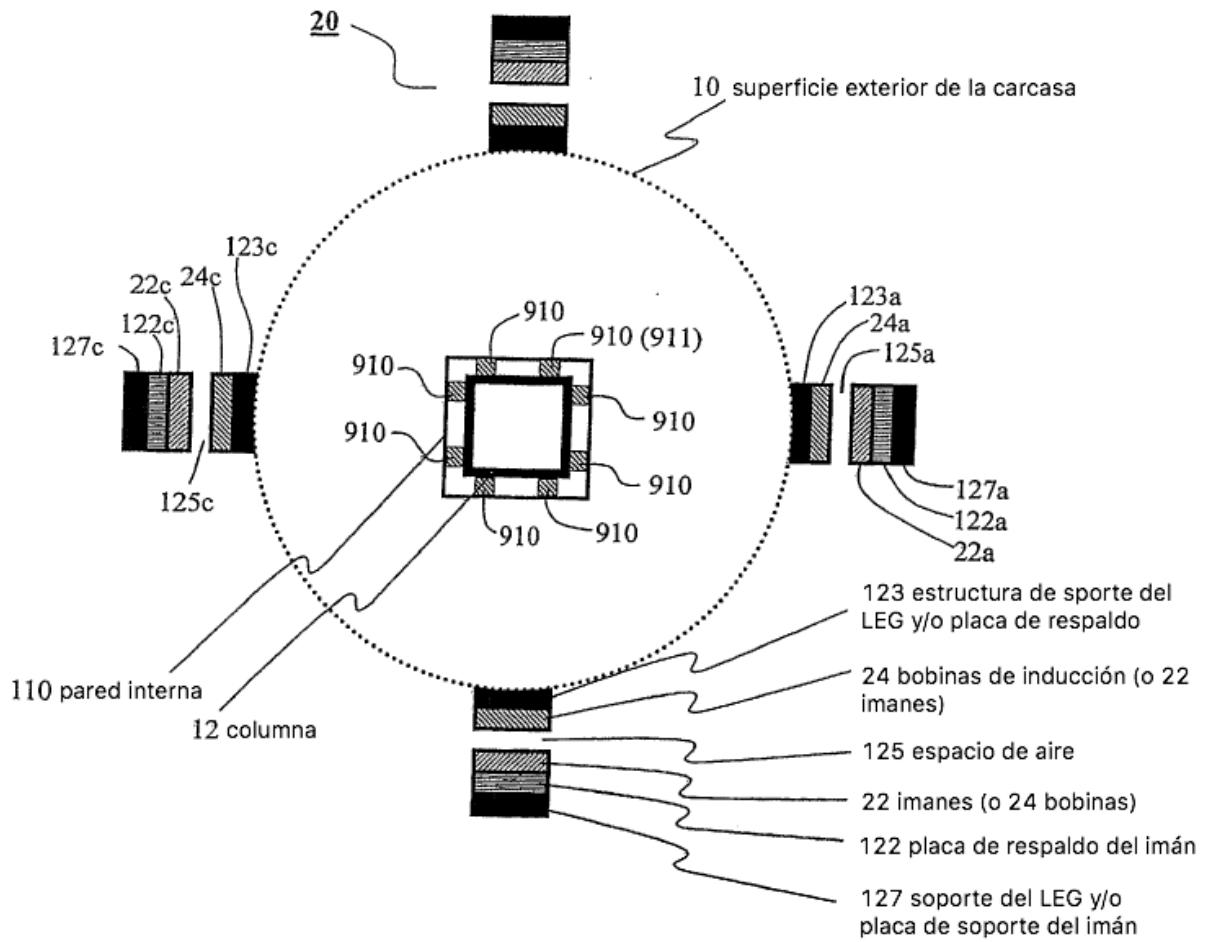


FIGURA 2

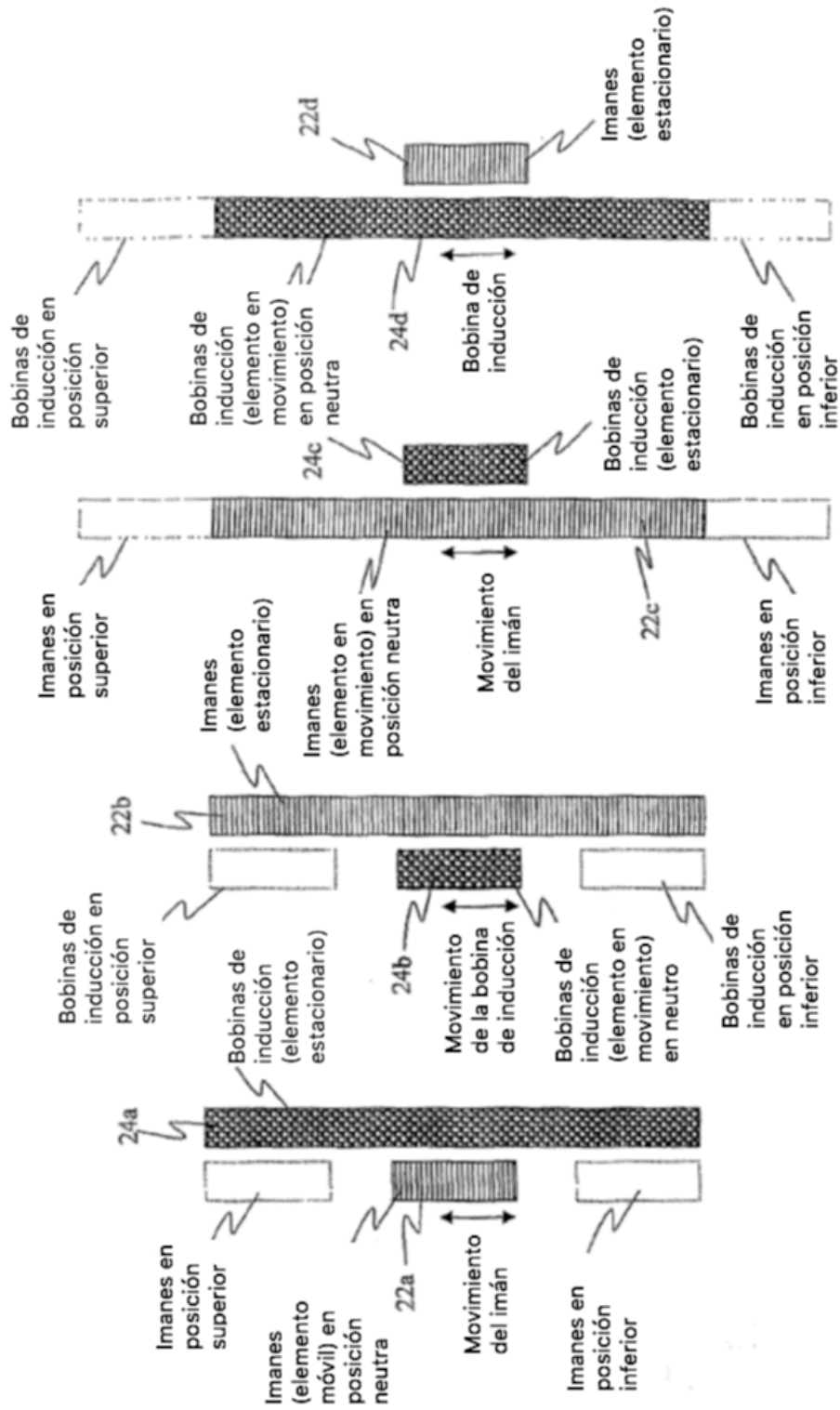


FIGURA 3A WEC con LEG, Imán de movimiento corto/ Bobina de inducción largas de movimiento corto/Imanes estacionarios cortos

FIGURA 3B WEC con LEG, Bobinas de inducción de movimiento corto/Imán estacionario largo

FIGURA 3C WEC con LEG, Imán de movimiento largo/ Bobinas de inducción de movimiento largo/Imanes estacionarios cortos

FIGURA 3D WEC con LEG, Bobinas de inducción de movimiento largo/Imanes estacionarios cortos

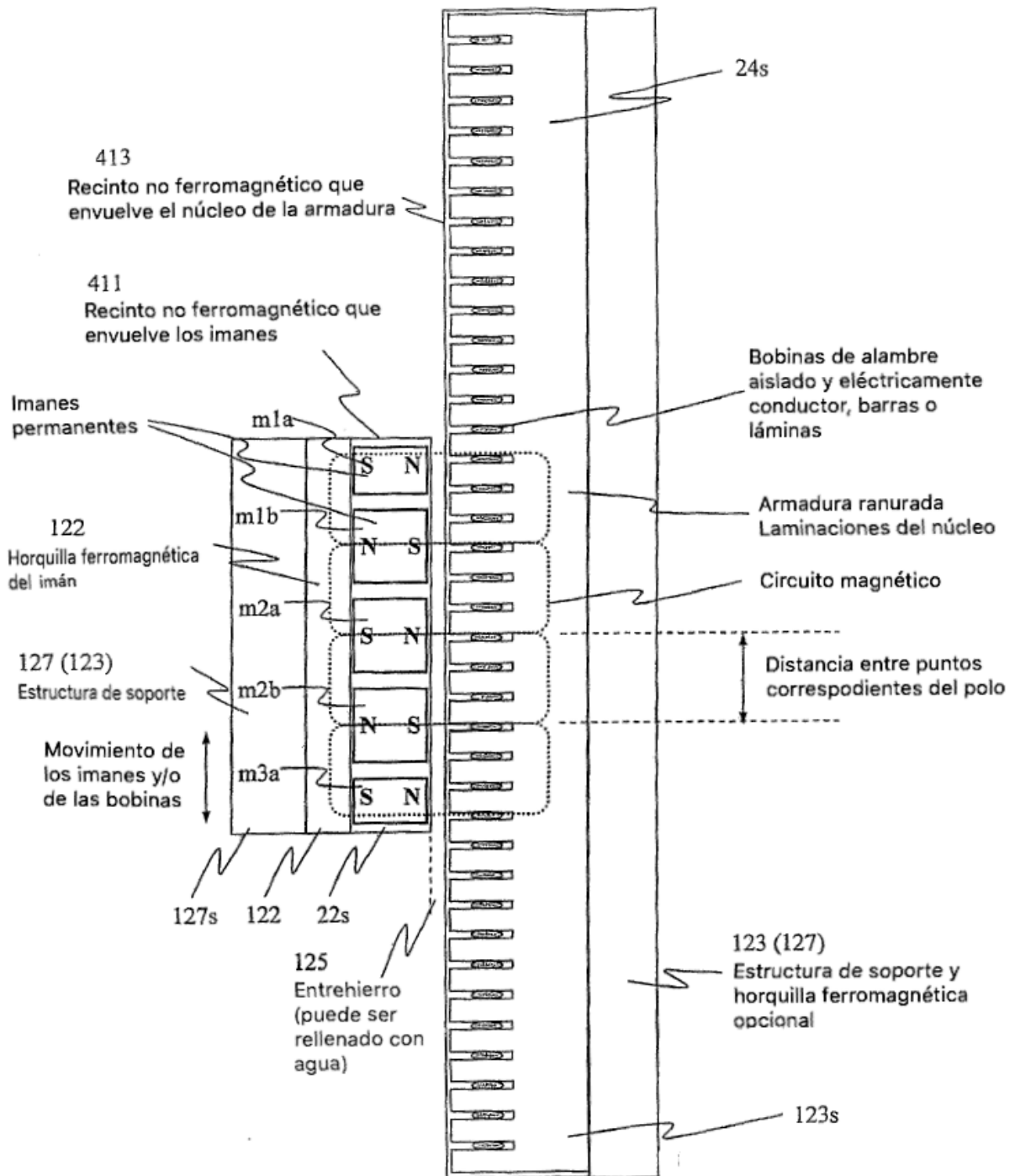


FIGURA 4A
Configuración del imán permanente de la superficie del LEG

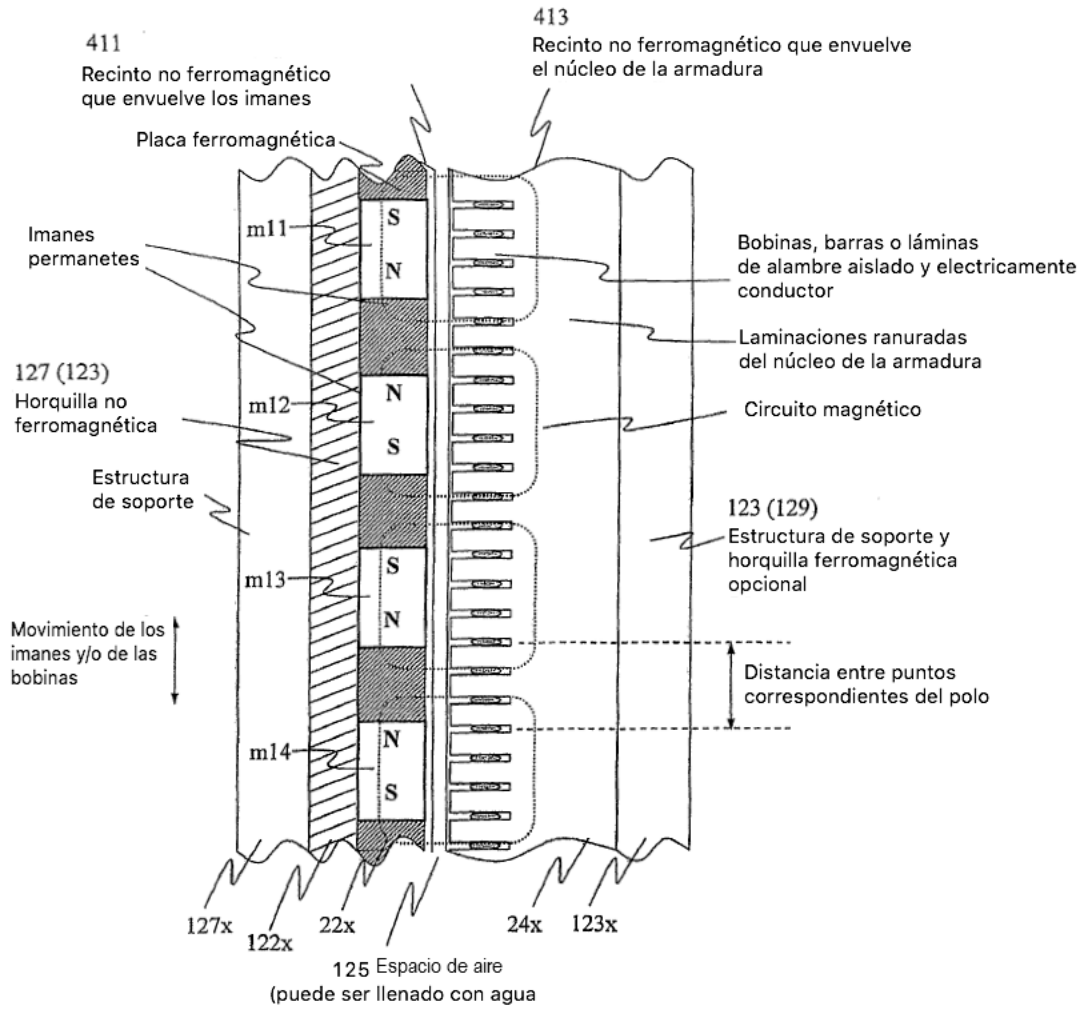


FIGURA 4B
Configuración del imán permanente enterrada del LEG

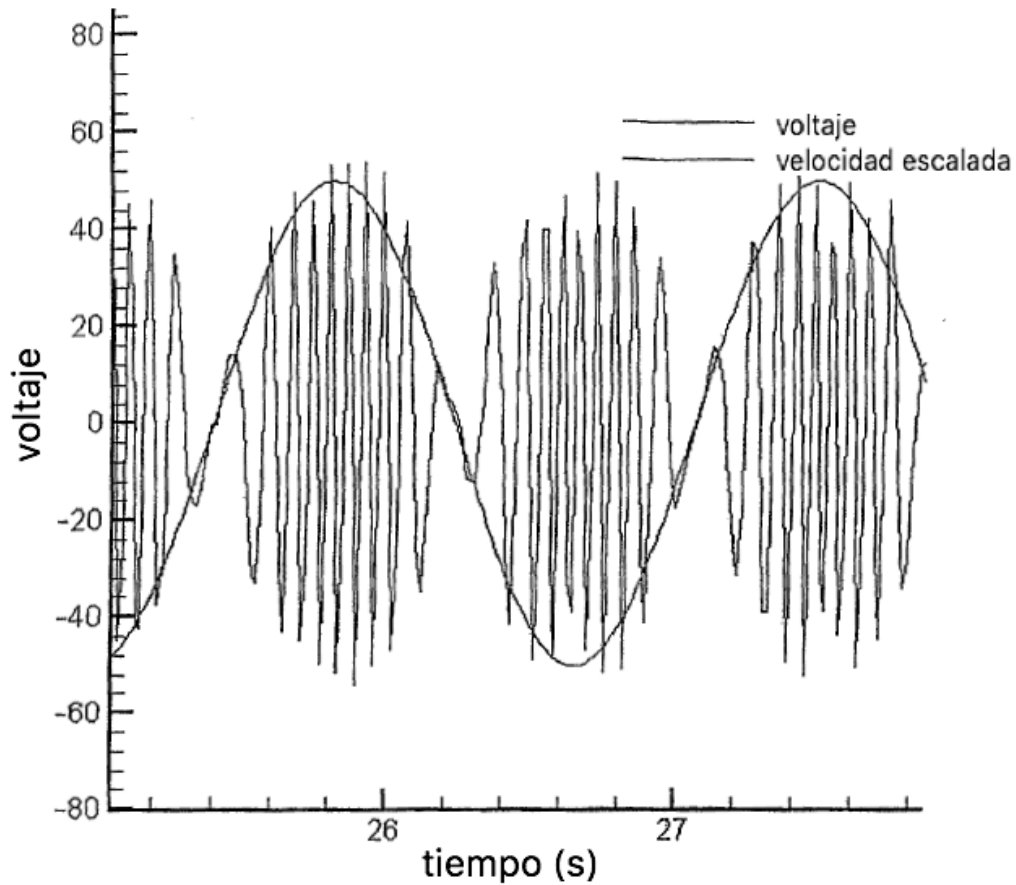


Figura 5a

Gráfica de la muestra que muestra el voltaje de salida de LEG y la velocidad diferencial de la columna de la carcasa versus el tiempo. El voltaje es proporcional a la velocidad, al flujo magnético y a la configuración de la bobina. La frecuencia es proporcional a la velocidad y a la distancia entre puntos correspondientes.

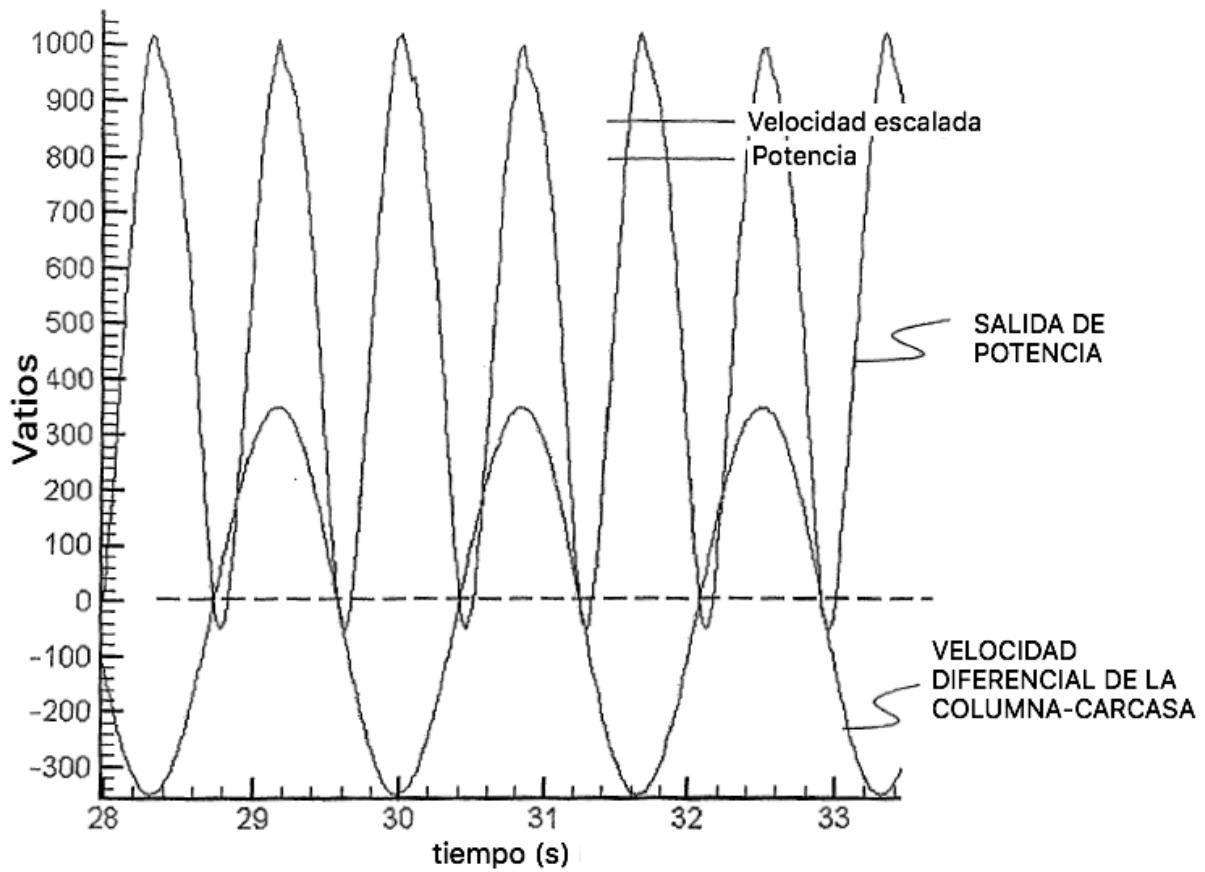


Figura 5b

Gráfica de la muestra que muestra la potencia de salida del LEG y la velocidad diferencial de la columna-carcasa del WEC contra el tiempo. La potencia instantánea es proporcional al producto de la fuerza y la velocidad ($P_{LEG} = F \cdot V_s$)