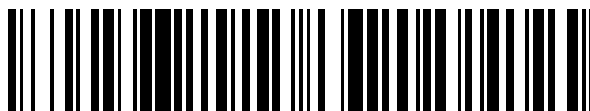


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 458 632**

51 Int. Cl.:

F03D 11/00

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.09.2009** **E 09740920 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.01.2014** **EP 2342456**

54 Título: **Rodamiento para aerogenerador**

30 Prioridad:

25.09.2008 GB 0817617

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

06.05.2014

73 Titular/es:

RICARDO UK LIMITED (100.0%)
Shoreham Technical Centre
Shoreham-by-Sea West Sussex BN43 5FG, GB

72 Inventor/es:

WHEALS, JONATHAN CHARLES

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 458 632 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

Rodamiento para aerogenerador

5 La presente invención se refiere a un rodamiento que comprende un elemento fijo y un elemento concéntrico móvil, y comprende preferentemente anillos concéntricos interiores y exteriores que tienen una pluralidad de elementos de rodadura entre ellos. Los elementos de rodadura pueden comprender bolas o rodillos y pueden disponerse en una o más filas.

10 Normalmente, este tipo de rodamiento soporta la carga rotativa con respecto al suelo. El elemento fijo es normalmente un rodamiento plano o un anillo y el elemento móvil tiene un cojinete de rodamiento o un anillo asegurado al elemento móvil, normalmente mediante un ajuste a presión con apriete. El peso de la carga se lleva verticalmente al lado orientado hacia arriba del elemento fijo, a través de los elementos de rodadura, si están provistos. El elemento móvil gira cuando se usa para que la carga sea transmitida progresiva y repetidamente
15 alrededor de toda la circunferencia del mismo. Sin embargo, la misma porción orientada hacia arriba del elemento fijo, que es estacionario con respecto al suelo, se lleva peso continuamente; a la inversa, la porción orientada hacia abajo no lleva ningún peso. Por consiguiente, el desgaste del elemento relativamente fijo es asimétrico, y el rodamiento puede necesitar ser sustituido más a menudo que si el desgaste hubiese sido distribuido alrededor de toda la circunferencia del elemento fijo.

20 El problema del desgaste asimétrico es más que evidente en rodamientos que soportan cargas constantes unidireccionales y/o que soportan altas fuerzas de flexión en el plano vertical, tales como los rodamientos del núcleo de rodete de los aerogeneradores. La solución tradicional es utilizar rodamientos más grandes de alta precisión, pero también la de aceptar que puedan ser necesarios repuestos más frecuentes. Los grandes rodamientos son
25 difíciles y caros de fabricar, y tienden también a sufrir un deterioro desproporcionado debido a la vibración, en comparación con rodamientos pequeños.

Lo que se necesita es una disposición capaz de eliminar este tipo de perfil de desgaste asimétrico, pero que se pueda adaptar a los tipos de rodamiento convencionales, particularmente rodamientos de elementos de rodadura, y
30 particularmente a los elementos fijos y móviles que transmiten cargas a través del rodamiento. Se muestra un ejemplo en el documento US-2769674.

Un problema adicional se refiere a la presurización estática constante del lubricante del rodamiento entre las superficies metálicas del rodamiento. Esto ocurre en la zona de la parte superior del anillo fijo de la disposición de
35 rodamientos cuando es estático. Con el paso del tiempo, pueden escapar átomos de hidrógeno de las moléculas de hidrocabono en el lubricante y reaccionar con las superficies metálicas, dando como resultado una fragilidad por absorción de hidrógeno de las superficies metálicas, que incrementa la incidencia de fallo.

Lo que se requiere es una disposición capaz de restringir la exposición de las superficies metálicas a un contacto prolongado con un lubricante estático a presión.
40

De acuerdo con un primer aspecto de esta invención se proporciona un rodamiento que comprende un miembro circular normalmente asegurado con respecto a un elemento situado a nivel del suelo, y adaptado para soportar una carga rotativa, en el que dicho miembro está adaptado para girar en vacío sobre el elemento situado a nivel del
45 suelo de una forma controlada, en el que la velocidad en vacío está ajustado por un mecanismo de freno y de engranajes.

Aunque la invención puede aplicarse a un rodamiento plano, la invención es particularmente adecuada para un rodamiento de elementos de rodadura, que tiene elementos de rodadura entre los anillos interiores y exteriores.
50

En el caso de un rodamiento de contacto plano o buje, el elemento normalmente rotativo, es un árbol dentro del rodamiento normalmente estacionario o una corona circular que puede girar sobre el rodamiento normalmente estacionario. El miembro normalmente rotativo puede sostenerse en el rodamiento normalmente estacionario o puede tener un anillo o buje separable montado para girar junto con él.
55

El rodamiento de la invención está así dispuesto para que un elemento normalmente fijo esté montado para girar en vacío sobre su soporte. La velocidad en vacío es, preferentemente, imperceptible, y puede ser tan baja como unas pocas revoluciones por encima de la rotación y la vida del rodamiento. La rotación en vacío puede estar en el intervalo de 0,1 grados al día a 0,1 revoluciones por minuto.
60

Puede ser permisible el giro en vacío más rápido dependiendo del tipo y tamaño del rodamiento y del tipo de instalación. En cualquier caso, la rotación en vacío por encima de las 50 rpm, alternativamente una décima parte de la velocidad del núcleo del rodete, no está contemplada. Además, la invención es particularmente adecuada para rodamientos grandes, que tienen un diámetro de árbol superior a 250 mm.
65

Para poder girar en vacío, el elemento normalmente fijo se desliza sobre o en el elemento situado a nivel del suelo en vez de ser un ajuste con apriete, y el correspondiente diámetro de este anillo puede dimensionarse en consecuencia. Por lo tanto, si se monta el anillo interior sobre el elemento situado a nivel del suelo, el diámetro interno se aumenta ligeramente; si el anillo exterior se encuentra en el elemento situado a nivel del suelo, el diámetro externo se reduce ligeramente. Alternativamente, el elemento situado a nivel del suelo puede ser dimensionado como un ajuste relativamente holgado en o sobre el anillo adyacente.

De acuerdo con la invención, el elemento situado a nivel del suelo del rodamiento no debe girar a una velocidad suficiente como para causar el desgaste del elemento situado a nivel del suelo o del rodamiento mismo, y preferentemente es al menos un orden de magnitud menor que la velocidad a la que tal desgaste puede medirse durante la vida del rodamiento.

La rotación en vacío puede ser continua. El movimiento intermitente está contemplado también dentro del alcance de la invención y puede ser adecuado en el caso en que el rodamiento pueda soportar una posición fija del elemento normalmente fijo durante un periodo de tiempo predeterminado – por ejemplo hasta 5 años. Los cambios de marcha y movimientos en vaivén también están contemplados.

En una realización, la rotación del elemento de rodamiento del elemento situado a nivel del suelo, está asociada con la rotación del anillo del elemento móvil y, en una realización preferida, la rotación en vacío es un resultado directo de la rotación del elemento móvil.

La rotación del elemento del rodamiento normalmente fijo sobre el elemento situado a nivel del suelo puede facilitarse al ponerse en rotación el elemento móvil.

En una realización, la rotación de un anillo del elemento situado a nivel del suelo puede ser, mediante arrastre de los elementos de rodadura, asegurando la rotación en vacío mediante controles precisos de huelgos o mediante un mecanismo de freno para el anillo del elemento situado a nivel del suelo. Alternativamente, la rotación periódica puede ser el resultado de la expansión térmica que reduce dichos huelgos en uso, asegurando así la rotación en vacío por las fuerzas de arrastre. La expansión térmica puede resultar de las fuerzas que se transmiten a través del rodamiento o mediante un elemento calentador controlado exteriormente. Los aerogeneradores normalmente generan electricidad, así que un elemento calentador electro-propulsado es una posibilidad.

La rotación de un anillo puede producirse mediante los elementos de la turbina en acoplamiento con el anillo que están dispuestos para girar cuando se aplica una presión diferencial a través de ellos. Preferentemente, los elementos de la turbina están impulsados por el fluido hidráulico, más preferentemente los elementos de la turbina se colocan dentro de una cavidad anular, entre un anillo y el elemento situado a nivel del suelo formando un rodamiento hidrostático. Los elementos de la turbina pueden ser una combinación de turbinas de rodillo o micro-turbinas.

De acuerdo con un segundo aspecto de la invención, se proporciona un conjunto de rodamientos que comprende un anillo exterior y un anillo interior generalmente concéntrico formando una cavidad anular entre ellos, proporcionándose una turbina en dicha cavidad, disponiéndose la turbina para transmitir un par de torsión sobre uno de dichos anillos cuando se aplica una diferencia de presión del fluido a través de la cavidad anular de un lado a otro.

Puede proporcionarse una pluralidad de dichas turbinas en la cavidad.

Preferentemente, la o cada una de las turbinas es una turbina de rodillos combinada. Alternativamente, la turbina puede no llevar carga, proporcionándose medios alternativos, tal como un rodamiento hidrostático para soportar el anillo móvil. En una realización preferida, varias turbinas están en contacto con ambos anillos. En una realización, cada turbina es generalmente cilíndrica y comprende un eje principal paralelo a un eje principal de los anillos e incluye una perforación abierta generalmente axial que tiene un componente circunferencial tal que un fluido que le atraviesa transmite un par de torsión sobre la turbina. Preferentemente, la cavidad se llena de fluido hidráulico formando un rodamiento hidrostático para los anillos.

En otra realización, cada turbina tiene una cara impulsora cónica y puede ser empujada axialmente por el conjunto de rodamientos para acoplarse a una cara receptora coincidente para la impulsión de tracción en respuesta a las fuerzas del fluido que actúan a través de la turbina. Un muelle liviano impulsa las caras transmisora y receptora a desacoplarse cuando la presión del fluido es insuficiente.

En una realización se proporciona un movimiento en vacío mediante una fuente de energía externa, tal como un motor eléctrico, magnético o hidráulico. En otra realización se proporciona un movimiento en vacío mediante un elemento móvil, por ejemplo, a través de un engranaje desde el anillo del elemento móvil o del núcleo de rodete, o desde una estructura de elementos de rodadura.

- Se puede proporcionar un rodamiento hidrostático entre un anillo del elemento situado a nivel del suelo y el mismo elemento situado a nivel del suelo, generando una fuerza ascensional hidráulica mediante una bomba propulsada exteriormente o por un elemento móvil. En una realización, el anillo del elemento situado a nivel del suelo incluye unos elementos físicos, tales como conductos perfilados, adaptados para generar una fuerza rotacional en respuesta a la presión hidráulica, asegurando así la rotación en vacío. El anillo del elemento situado a nivel del suelo puede ser una turbina de impulsión, por ejemplo, una rueda Pelton. El medio hidráulico es preferentemente, el lubricante del rodamiento.
- Se puede proporcionar una disposición de engranajes para hacer girar en vacío el anillo del elemento situado a nivel del suelo. En una realización, un engranaje acanalado flexible elíptico (impulsor de ondas armónicas aka) en acoplamiento con una corona circular proporciona una rotación sustancialmente continua del anillo del elemento situado a nivel del suelo, a una relación desmultiplicadora alta, y con una fricción de los dientes muy baja.
- El rodamiento de la presente invención es particularmente adecuado para aerogeneradores y similares, en los que el la masa del rotor y del núcleo de rodete es muy grande, las fuerzas de flexión son altas debido a los golpetazos del viento durante la detención en caso de tormenta, la dificultad de sustituir el rodamiento es alta y las consecuencias de averías del rodamiento son catastróficas.
- En particular el elemento móvil (es decir, el rotor y el núcleo de rodete) puede pesar 50 toneladas o más y está empotrado en voladizo en un extremo del elemento situado a nivel del suelo (es decir, el mástil). Como consecuencia, las cargas verticales a través del anillo del elemento fijo del rodamiento son muy altas, y el diámetro total del rodamiento es mayor. El coste de rodamientos de mayor diámetro normalmente aumenta de forma desproporcionada con el aumento del diámetro.
- Al estar detenido durante una tormenta, por ejemplo a velocidades de viento muy altas, la flexión del rotor y del mástil da como resultado un desgaste concentrado en las partes superior e inferior de un anillo situado a nivel del suelo, normalmente a medida que la capa de lubricante habitual se rompe.
- La sustitución de los rodamientos es cara y difícil, no solo porque el conjunto de rotor/núcleo de rodete es muy pesado, sino también porque muchos aerogeneradores están en el mar y son accesibles solo durante tiempos de marea baja o durante ciertas estaciones del año. Se necesitan grúas montadas sobre barcasas muy caras.
- Un fallo catastrófico del rodamiento puede causar el colapso de un aerogenerador, con una considerable degradación de energía y la posible pérdida de vidas.
- Normalmente, si un rodamiento convencional tiene una vida útil de cinco años, y muestra un desgaste asimétrico debido a cargas verticales por encima de alrededor de los 20 grados de la circunferencia de un anillo del elemento situado a nivel del suelo, la rotación en vacío de este anillo, aumentará la vida útil por un factor de 18 (90 años) al usar toda la circunferencia del mismo.
- Teniendo en cuenta que tendrá lugar algo de desgaste en la cara inferior del rodamiento, debido a cargas en voladizo y golpes de viento, la rotación en vacío del anillo relativamente fijo aumentará la vida útil por un factor de 9 (45 años).
- Dichos aumentos en la posible vida útil son muy significativos, y pueden alternativamente dar como resultado la posibilidad de usar los rodamientos de elementos de rodadura con un reducido diámetro externo mientras todavía se proporciona una vida útil muy por encima de un periodo de mantenimiento planificado de por ejemplo 10 años.
- La rotación activamente controlada del rodamiento que gira en vacío con respecto al elemento situado a nivel del suelo, preferentemente es llevada a cabo por un sistema de control. Dicho sistema de control monitoriza varias entradas para determinar la posición y/o la velocidad de rotación del rodamiento que gira en vacío dentro del elemento situado a nivel del suelo.
- De acuerdo con una tercera realización de la invención se proporciona un sistema de control para el rodamiento que gira en vacío mencionado anteriormente, comprendiendo dicho sistema de control una entrada y un procesador, en el que el sistema de control está adaptado para ajustar el movimiento del rodamiento que gira en vacío al recibir una señal de entrada, a través de la entrada, acerca de la condición operativa del rodamiento, procesando la entrada con el procesador para determinar el movimiento deseado del rodamiento y moviendo el rodamiento curvilíneamente de acuerdo con el movimiento deseado.
- El sistema de control puede determinar la posición y/o la velocidad de rotación del rodamiento que gira en vacío, interpretando, por ejemplo, una o más de las siguientes:
- Información almacenada en cuanto a las velocidades del viento anticipadas,
 - Información a tiempo real en cuanto a las velocidades del viento actuales y anticipadas,
 - Información acerca del precio al por mayor de la electricidad,

- Pares de torsión y/o velocidades detectados/estimados de uno cualquiera del anillo o rotor,
- Aceleraciones y vibraciones detectadas/estimadas,
- Cargas detectadas dentro de las palas de la turbina,
- Temperatura del lubricante,
- 5 • Posición del anillo que gira en vacío,
- Datos vibracionales,
- Datos de las turbinas adyacentes/viento de cara relacionados con las condiciones climáticas en tiempo real.

El sistema de control puede incluir una tabla de consulta para permitir que se determine un valor para una velocidad de rotación en vacío/posición del rodamiento

El sistema de control puede evitar que se cargue el rodamiento que gira en vacío en ciertas posiciones, basándose en parámetros medidos o detectados (por ejemplo, datos vibracionales) que sugieren daños a esa parte del anillo. La velocidad de rotación del rodamiento que gira en vacío puede ajustarse y/o invertirse.

El sistema de control puede determinar la velocidad y/o la posición del rodamiento que gira en vacío dependiendo de uno o más parámetros transmitidos a un algoritmo.

El sistema de control puede determinar un intervalo apropiado de servicio de rodamiento basado en los anteriores parámetros y alertar a un sistema supervisor de control remoto.

El sistema de control puede permitir una optimización de la salida de un aerogenerador, teniendo en cuenta el siguiente intervalo de servicio programado.

Otras características de la invención serán evidentes a partir de la siguiente descripción de realizaciones preferidas mostradas solo a modo de ejemplo en los dibujos adjuntos, en los que:

La Figura 1 es una sección vertical esquemática de un elemento de rodadura de un rodamiento de acuerdo con la presente invención en un plano ortogonal al eje de rotación.

La Figura 2 es una sección vertical esquemática de un elemento de rodadura de un rodamiento de acuerdo con la presente invención a lo largo del eje de rotación.

Las Figuras 3a-3c ilustran los componentes de un acoplamiento de engranajes de impulsión flexible en forma despiezada.

La Figura 4 ilustra el funcionamiento de un acoplamiento de impulsión flexible en etapas sucesivas.

La Figura 5 es una adaptación esquemática del acoplamiento de impulsión flexible de las Figuras 3 y 4 a la disposición del rodamiento de la Figura 2.

La Figura 6 es una adaptación esquemática de la disposición de la Figura 5 para proporcionar un dispositivo de detención en caso de tormenta accionado por motor.

La Figura 7 ilustra esquemáticamente una combinación de un rodamiento hidrostático y un sistema impulsor de acuerdo con la invención.

La Figura 8 ilustra esquemáticamente otro rodamiento hidrostático de acuerdo con la invención.

La Figura 9 ilustra esquemáticamente un conjunto de rodamiento de rodillos de la turbina de acuerdo con la invención.

Las Figuras 10a y 10b ilustran partes del rodamiento de rodillos de la turbina de la Figura 9.

Las Figuras 11a-11d ilustran esquemáticamente un rodamiento hidrostático de acuerdo con la invención, y que tiene escapes de impulso.

Las Figuras 12a y 12b ilustran esquemáticamente un rodamiento hidrostático de acuerdo con la invención, que tiene una pala que permite movimientos arqueados del mismo.

Las Figuras 13a y 13b ilustran una variante de las Figuras 12a y 12b que tiene un rodamiento hidrostático separado.

Las Figuras 14a-14c ilustran esquemáticamente una turbina de impulso de un elemento situado a nivel del suelo.

Las Figuras 15a-15c ilustran esquemáticamente una adaptación de una turbina cónica de la realización de las Figuras 9 y 10.

Con referencia a la Figura 1, se monta un rodamiento 100 del elemento de rodadura para un aerogenerador sobre un elemento situado a nivel del suelo, normalmente un adaptador horizontal cilíndrico 111 de un mástil. El rodamiento comprende un anillo interno 112 sobre el adaptador 111, una pluralidad de elementos de rodadura 113, una estructura 114 para mantener los elementos de rodadura 113 en una relación angular predeterminada, y un anillo externo 115 para acoplarse al elemento móvil, es decir, el rotor y el núcleo de rodete.

La presente invención se ilustra esquemáticamente mediante pequeños elementos de rodadura 16 entre el anillo interno 112 y el adaptador 111, que permiten una rotación relativa mientras soportan la carga vertical 'L'. Dichos elementos 16 se extenderían, en la práctica, alrededor de toda la circunferencia.

La Figura 2 ilustra una disposición práctica de rodamientos para un aerogenerador que tiene un conjunto de rotor/núcleo de rodete 1 que puede girar alrededor de un eje 7 en un elemento situado en el suelo 6 a través de un anillo externo 2, elementos de rodadura 3 de doble fila opuestos, y un anillo interno 4. En el documento DE-A-3926493 se muestra un rodamiento convencional típico para un aerogenerador.

La referencia numérica 5 indica un rodamiento plano sobre el cual el anillo interno puede girar en vacío de acuerdo con la invención; se puede proporcionar rodamientos planos 8,9 similares para resistir las cargas axiales.

Son posibles numerosas formas de permitir la rotación en vacío del anillo del elemento situado a nivel del suelo. Se asumirá en la siguiente descripción que el anillo del elemento situado a nivel del suelo es un anillo interno; sin embargo, se comprenderá que el anillo externo pueda alternativamente ser el anillo situado a nivel del suelo; y que tales alternativas están dentro del alcance de la presente invención.

El arrastre natural de los elementos de rodadura ejercerá una fuerza rotacional sobre el anillo interno que normalmente es rechazado por la fuerza de sujeción del ajuste por apriete entre el anillo interno y el elemento situado a nivel del suelo. Al aumentar el huelgo circunferencial entre el anillo interno y el elemento situado a nivel del suelo, puede asegurarse la rotación del anillo interno. Sin embargo en la presente invención, la rotación descontrolada no es deseable, y por consiguiente se necesita un freno entre el anillo interno y el elemento situado a nivel del suelo. Son adecuados numerosos tipos de freno, por ejemplo de fricción, hidrodinámicos, magnéticos o eléctricos. Los medios elegidos deben asegurar la rotación en vacío bajo todas las condiciones operativas, y pueden vincular la velocidad de rotación en vacío con la velocidad del conjunto rotor/núcleo de rodete y/o pueden ser accionados mecánicamente por los mismos. De esta forma la rotación en vacío puede ser más rápida a veces cuando las cargas verticales de los rodamientos son grandes, para asegurarse que no se formen partes planas o similares.

Preferentemente, para poder determinar con mayor exactitud la vida útil de un rodamiento, el anillo interno es accionado directamente, por ejemplo a través de una transmisión mediante engranajes. Las Figuras 3 - 5 ilustran una disposición preferida usando un impulsor acanalado flexible.

El conjunto de impulsor acanalado flexible 30 comprende una corona circular 31 que tiene dientes de engranaje internos, un sol elíptico que comprende un elemento de rodadura de rodamiento 32 del anillo fino presionado sobre un conector elíptico 33, y un miembro articulado flexible en forma de cuenco 34 que incluye dientes externos para acoplarse a la corona 31.

Como se ilustra en la Figura 4, el miembro articulado es un ajuste deslizante sobre el anillo externo elíptico del rodamiento 32, y se deforma circunferencialmente a medida que el anillo externo gira. El miembro articulado 34 es normalmente de un polímero de calidad industrial mientras que el rodamiento 32 y la corona 31 son de acero.

El conector 33 esta dimensionado para asegurar el acoplamiento de los dientes del miembro articulado y la corona al eje mayor elíptico, y el desacoplamiento del eje menor.

En efecto, el conector 33 es un generador de movimiento de ondas que proporciona una rotación continua de la corona a una muy elevada relación de reducción de engranaje, normalmente hasta alrededor de 1000:1

La Figura 5 muestra una disposición ilustrativa referida a la disposición de los rodamientos de la Figura 2, que proporciona una autogeneración de la rotación en vacío del anillo interno.

La corona 31 está unida al elemento situado a nivel del suelo 6; el conector 33 está unido al anillo externo 2, y el miembro articulado flexible 34 está unido al anillo interno 4. El rodamiento 32 del elemento de rodadura se encuentra entre el conector 33 y el miembro articulado 34, como se ilustra. Además, rodillos de aguja 36 pueden incorporarse para resistir las presiones de empuje sobre el rodamiento.

Aunque se ilustran rodillos de aguja 35, 36, rodamientos de bolas, rodamientos planos o una capa fina de lubricante pueden resultar suficientes dependiendo de la carga de trabajo requerida.

En una alternativa, la corona puede ser la salida engranada si el miembro articulado esta puesto en el suelo. Además, la estructura 10 de elementos de rodadura 3 podría proporcionar la entrada para el conector elíptico 33, siempre y cuando se pueda evitar el patinazo de los rodillos.

La Figura 6 ilustra una realización alternativa que tiene un impulsor exterior para la detención durante una tormenta del rotor de un aerogenerador. Para la detención durante una tormenta, normalmente el rotor debe mantenerse en una posición en la que una pala del rotor no esté delante del mástil - esto evita posibles daños por contacto debido a la flexión de las palas durante fuertes vientos. Normalmente, un rotor de tres palas se detendrá durante una tormenta con una pala verticalmente hacia arriba con respecto al eje del rotor.

Las referencias numéricas en la Figura 6 corresponden a la Figura 5, pero adicionalmente se proporciona un motor eléctrico 12 para hacer girar el conjunto de núcleo de rodete directamente y permitir así que se posicione el rotor para la detención durante una tormenta. Como casi todos los aerogeneradores generan electricidad, y en cualquier caso tienen un suministro eléctrico con fines de control, un motor eléctrico es un medio adecuado de potencia motriz; otros tipos de motor son sin embargo posibles. El motor puede ser embragado convencionalmente para evitar la rotación impulsada durante el uso normal de la turbina.

En una alternativa, uno o más embragues rotativos unidireccionales pueden provocar la rotación del conjunto de rotor en la dirección opuesta a la generada por el conjunto de impulsor flexible 30. Tales embragues son simples y seguros, y se desembragan automáticamente con la rotación normal del rotor. Se ilustra un embrague unidireccional típico en el documento US-A-7353926. Como se ilustra, el motor puede hacer funcionar el anillo interno a través del embrague unidireccional 13; un segundo embrague unidireccional 14 proporciona funcionamiento desde el conector 33 al núcleo de rodete 1 para un funcionamiento unidireccional normal de la turbina.

En la Figura 7 se ilustra esquemáticamente una realización alternativa, que comprende un sistema combinado de rodamiento hidrostático y motriz.

Un conjunto de rotor/núcleo de rodete 41 se monta en un adaptador 42 del elemento situado a nivel del suelo mediante un rodamiento que consiste en un anillo externo 43, elementos de rodadura 44 y un anillo interno 45. Aprisionado en el anillo interno 45 y en el adaptador 42 se encuentran elementos cilíndricos interiores y exteriores 46, 47 de un buje de accionamiento hidrostático.

Un sistema de suministro de fluido (normalmente aceite) a presión comprende un depósito 51, una bomba 52, una válvula de control 53, un conducto de suministro 54 al espacio anular entre los elementos 46, 47 y el conducto de desagüe 55 dentro del adaptador 42. Se muestran esquemáticamente unas juntas de estanqueidad para aceite 48. La bomba normalmente se acciona eléctricamente a través de la fuente de energía normal para un aerogenerador, pero son posibles otras formas de energía.

Un freno variable 56 (por ejemplo de fricción, hidráulico, magnético o eléctrico) es viable para acoplar el anillo interno 43 al suelo, a través del adaptador 42. Se representa el eje rotacional con la línea de puntos-guiones 49.

Durante el uso, se acciona la bomba 52 para proporcionar un rodamiento hidrostático para el anillo interno 45. La fuerza ascensional necesaria se puede regular mediante la válvula 53 dependiendo de las cargas dinámicas y estáticas ejercidas por el conjunto rotor/núcleo de rodete 41; la válvula 53 puede estar constituida por un conducto capilar o similar. Bajo esta condición el anillo interno 45 es libre para girar sobre el adaptador 42, regulándose la velocidad de rotación de acuerdo con la invención, a la velocidad en vacío mediante un freno variable 56. Como una alternativa al freno variable puede acoplarse una transmisión engranada, como muestra la Figura 5, entre el adaptador 42, el anillo interno 45 y el anillo externo 43.

Las superficies enfrentadas de los elementos 46, 47 pueden perfilarse para proporcionar cámaras hidrostáticas capaces, de una manera mejor de formar y mantener una capa fina de fluido auto-estabilizante.

Se selecciona la forma del conducto perfilado y/o micro turbinas o palas para dar el impulso deseado y normalmente comprende caras de reacción generalmente transversales a la dirección circunferencial.

El freno puede ser activo y bajo control de retroalimentación para asegurar una predeterminada marcha en vacío, o puede ser pasivo. Un freno pasivo puede comprender, por ejemplo, un kit de embrague de múltiples discos que tiene una grasa sensible a la cizalla como lubricante - tal grasa puede tener por ejemplo un rendimiento máximo de cizalla con independencia de la fuerza de entrada y puede regularizar así la velocidad. Se puede necesitar unas disposiciones de enfriamiento adecuadas.

En otra alternativa más a la de la Figura 7, mostrada en la Figura 8, el freno variable 56 puede sustituirse por conductos perfilados 201 adaptados para generar una fuerza rotacional entre los elementos 46, 47. Por lo tanto, la

presión del fluido suministrado a través del conducto 54 (no mostrado en la Figura 8) sirve el doble propósito de formar el rodamiento hidrostático y mover en vacío el anillo interno 45 en el adaptador 42.

Aún en otra alternativa más de la Figura 7, mostrada en la Figura 9, el espacio anular entre los elementos 46 y 47 contiene elementos de rodadura 202. Los elementos de rodadura 202 son elementos de rodadura de la micro turbina combinados, cuyos detalles pueden verse en las Figuras 10a a 10c.

Cada elemento de rodadura 202 es generalmente cilíndrico y comprende caras extremas 204 orientadas con un eje principal 205 paralelo al eje 49. Cada elemento de rodadura 202 define una pluralidad de trayectorias de flujo 203 perfilados para recibir el flujo del fluido hidráulico axial y usar el flujo para hacer girar el elemento 202. A medida que gira cada elemento se imparte una fuerza tangencial sobre el anillo relativamente fijo para hacerle girar por tracción.

Cada trayectoria 203, además de transmitir el fluido axialmente a lo largo de los elementos 202, también incluye un componente generalmente circunferencial que causa que el fluido que pase a su través imparta un par de torsión sobre el elemento 202.

Los elementos de rodadura 202 también pueden actuar como una bomba para proporcionar un flujo generalmente circunferencial alrededor del anillo. Tal acción de bombeo puede disponerse de tal forma que pueda originar una rotación adicional de los elementos 202 a medida que gira el anillo, causando por lo tanto un bombeo adicional en forma de un mecanismo positivo de retroalimentación.

No es necesario que los elementos 202 soporten ninguna carga y en aplicaciones de soporte sin carga pueden fabricarse, por ejemplo, de materiales plásticos. En tal caso la carga puede ser soportada por elementos que soportan carga y/o fuerzas hidrostáticas.

Con referencia a las Figuras 11a -11d, se muestran un elemento situado a nivel del suelo 210 y un anillo 212. El elemento situado a nivel del suelo comprende una entrada de fluido hidráulico 214 para crear un rodamiento hidrostático entre el elemento situado a nivel del suelo 210 y el anillo 212. El anillo 212 define una trayectoria de flujo 216, como se describirá a continuación.

La trayectoria de flujo 216 está mecanizada dentro de una cara externa 218 del anillo 212 para formar un canal de flujo abierto. La trayectoria comprende un conducto de admisión 220 (que comprende un conducto anular 221), un amortiguador de rodamiento hidrostático 222 y un conducto de salida 224. Se coloca una válvula de descompresión 226 entre el amortiguador de rodamiento hidrostático 222 y el conducto de salida 224.

El fluido hidráulico entra por la trayectoria de flujo 216 desde la entrada de fluido 214. El fluido hidráulico entra entonces en el amortiguador del rodamiento hidrostático 222 donde su presión actúa sobre la cara interna 211 del elemento situado a nivel del suelo 210. La presión actúa para soportar el anillo 212 dentro del elemento situado a nivel del suelo 210. Una vez que la presión en el amortiguador 222 ha alcanzado un nivel predeterminado, la válvula de escape de descompresión 226 se abre y permite que el fluido hidráulico entre en el conducto de salida 224.

Los conductos 220, 224 pueden cerrarse si el amortiguador hidrostático 222 tiene el tamaño suficiente.

El conducto de salida 224 define un cambio de dirección dentro del anillo 212. El cambio de dirección ilustrado es de aproximadamente 90 grados. Este cambio de dirección provoca un cambio en la impulsión del fluido que empuja al anillo 212 para girar en la dirección R alrededor del eje 209.

La válvula 226 asegura que el anillo 212 esté apoyado sobre una capa de fluido antes de forzarla a girar, para evitar un desgaste innecesario.

Al utilizar un par de canales simétricos 216 (como se muestra en la Figura 11a) se eliminan cualesquiera componentes de fuerza axial indeseables que actúan sobre el anillo 212.

Alternativamente, el conducto de salida 224 puede ser reemplazado por chorros que actúan sobre, por ejemplo, palas estatóricas en el elemento situado a nivel del suelo 210 para hacer girar el anillo 212.

Con referencia a las Figuras 12a y 12b se muestra otra alternativa para el apoyo y movimiento del anillo. Un elemento situado a nivel del suelo 300 define una cavidad cilíndrica que está provista en su interior de un anillo 302. El anillo 302 comprende un conjunto de rodamientos como se ha descrito anteriormente (no mostrado). Se proporciona un par de juntas de estanqueidad 304, 306 diametralmente opuestas en los lados del anillo 302 entre el anillo 302 y el elemento situado a nivel del suelo 300. Una entrada de fluido hidráulico 308 se encuentra en el fondo del elemento situado a nivel del suelo 300.

El anillo 302 está apoyado dentro del elemento situado a nivel del suelo 300 por la aplicación de un fluido hidráulico a presión en la entrada 308. Se forma así una superficie de rodamiento hidrostático para crear una fuerza ascensional a través de la zona inferior anular 310 entre el elemento 300 y el anillo 302. Las juntas de estanqueidad

304, 306 se dilatan para reducir escapes de la zona 310.

También se proporciona una zona superior anular 312 en la que una junta de estanqueidad de tipo pala 314 sobresale desde la superficie superior del anillo 302. La junta de estanqueidad puede ser empujada hacia fuera mediante un pequeño muelle liviano. Se define un primer orificio 315 y un segundo orificio 317 en el elemento 300 que pueden repartir selectivamente fluido hidráulico a presión.

La junta de estanqueidad 314 roza contra el elemento 300 para proporcionar un primer cuerpo de pistón 316 y un segundo cuerpo de pistón 318. Por lo tanto, se puede hacer girar al anillo 302 en el sentido de las agujas del reloj al administrar fluido hidráulico al orificio 315 mientras se drena el fluido del orificio 317. El anillo 302 puede girar en el sentido contrario a las agujas del reloj, invirtiendo los orificios.

Se comprenderá que la zona del rodamiento hidrostático no tiene que estar a 180 grados (como se muestra). Mejor dicho, la zona puede ser reducida hasta tan solo 20 grados (al mover las juntas de estanqueidad 304, 306) para aumentar el recorrido del movimiento del anillo 302.

Un perfeccionamiento adicional de la realización de las Figuras. 12a y 12b comprende una serie de secciones anulares adyacentes como se muestra en las Figuras 13a y 13b. Una primera sección anular 401 actúa como el rodamiento hidrostático que soporta la carga. Una o más secciones anulares 402 realizan una función motora. Las secciones anulares del anillo son adyacentes (una al lado de la otra). De esta manera, el recorrido del movimiento del anillo puede ser de 360 grados y mayor, al aplicar presión a uno de los lados de la junta de estanqueidad en forma de pala 403 desde orificios de entrada 404 sucesivos. En una realización preferida se proporciona una sección anular de ascensión (rodamiento hidrostático) a ambos lados de la sección anular motora, como se muestra en la Figura 13b, que puede girar alrededor del eje 407.

La Figura 13a también muestra una válvula de desagüe opcional 405, y una junta de estanqueidad en forma de pala 406 sobre el elemento situado a nivel del suelo 300. Se contempla que la carga por un resorte radial de la pala 403 permitirá el paso por encima de la pala fija 406 en el caso de que una rotación de 360 grados fuera necesaria.

Las Figuras 14a y 14b ilustran medios para hacer girar el elemento situado a nivel del suelo del conjunto de rodamientos mediante una turbina impulsora. El anillo del elemento situado a nivel del suelo 501 ilustrado parcialmente en la Figura 14a, incluye cámaras 502 alrededor de su cara lateral anular. Preferentemente se forma cada cámara como dos rebajes de imagen especular 503 que incluyen un extremo de entrada 504 y un extremo impulsor 505. El extremo impulsor proporciona una pared generalmente transversal a la dirección de giro en vacío del anillo a seguir para que el choque del fluido 508 a presión de uno o más chorros (no mostrados) imparta un par de torsión sobre el anillo. El chorro o los chorros están provistos en un miembro adyacente relativamente fijo, por ejemplo, el mismo elemento situado a nivel del suelo, y puede adaptarse a una presión de salida variable para poder variar la fuerza de impulso del anillo 501.

La dirección del movimiento a seguir se indica con la flecha 506.

La Figura 14c ilustra los conductos de escape 509 que pueden ser necesarios para asegurar un flujo adecuado en los rebajes 503. Los conductos de desagüe adecuados (no mostrados) retornan el fluido de escape a un depósito en una disposición esquemáticamente similar a la de la Figura 7.

Se comprenderá que los rebajes adecuados 503 pueden preverse alternativamente o adicionalmente en una superficie circunferencial del anillo que es inmediatamente adyacente al elemento situado a nivel del suelo.

Las Figuras 15a-15c ilustran una disposición alternativa de la realización descrita con respecto a las Figuras 10a-10c.

En vez de los rodillos de la Figura 7, se proporcionan elementos tronco-cónicos 251 de la turbina, cada uno de los cuales tiene un conducto de fluido 253 perfilado para impartir un par de torsión rotacional sobre el flujo axial del fluido hidráulico.

La Figura 10c ilustra la dirección rotacional 252 de un elemento 251, que es empujado axialmente lejos de un elemento coincidente 254 mediante un muelle liviano 255. Al aplicar una presión hidráulica en la dirección de la flecha 256 se produce la rotación del elemento 251 y un movimiento axial en la dirección de la flecha 257 debido a la restricción del flujo a través del conducto 253 y alrededor del espacio periférico. El elemento coincidente 254 entra en acción de rotación al ponerse en contacto con el elemento de turbina 251, y el accionamiento cesa al interrumpirse el suministro hidráulico a medida que el muelle empuja el elemento de turbina para que se desacople.

Las disposiciones de las Figuras 15a -15c contemplan una reducción de las pérdidas por fricción ya que el elemento de turbina no está en contacto a menos que se requiera una rotación activa.

Los elementos de la turbina preferentemente no llevan carga, y están moldeados en material plástico.

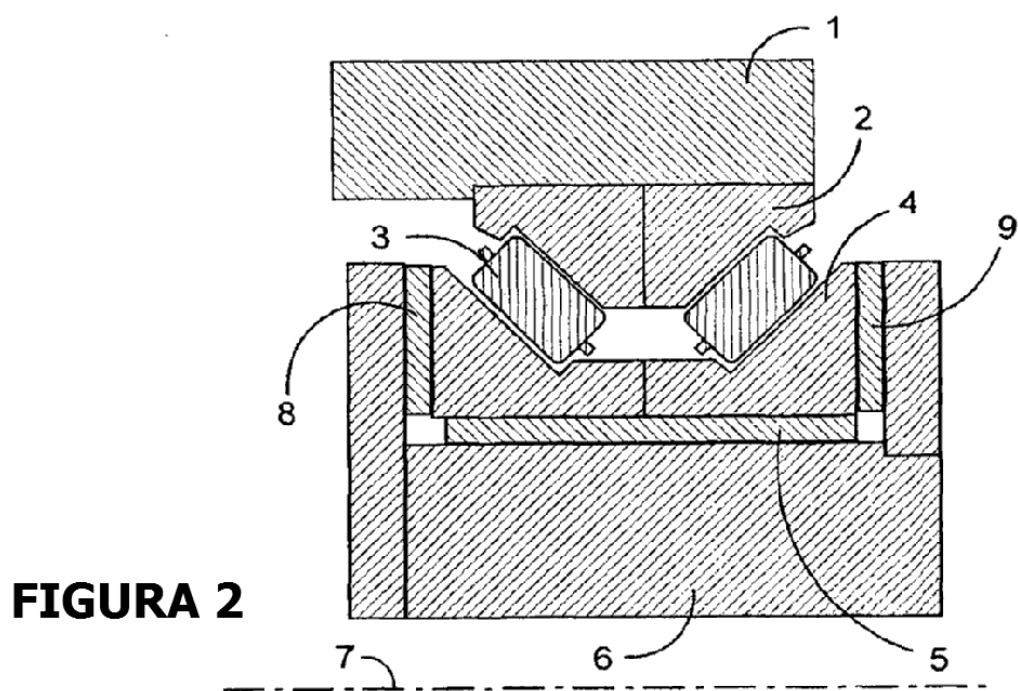
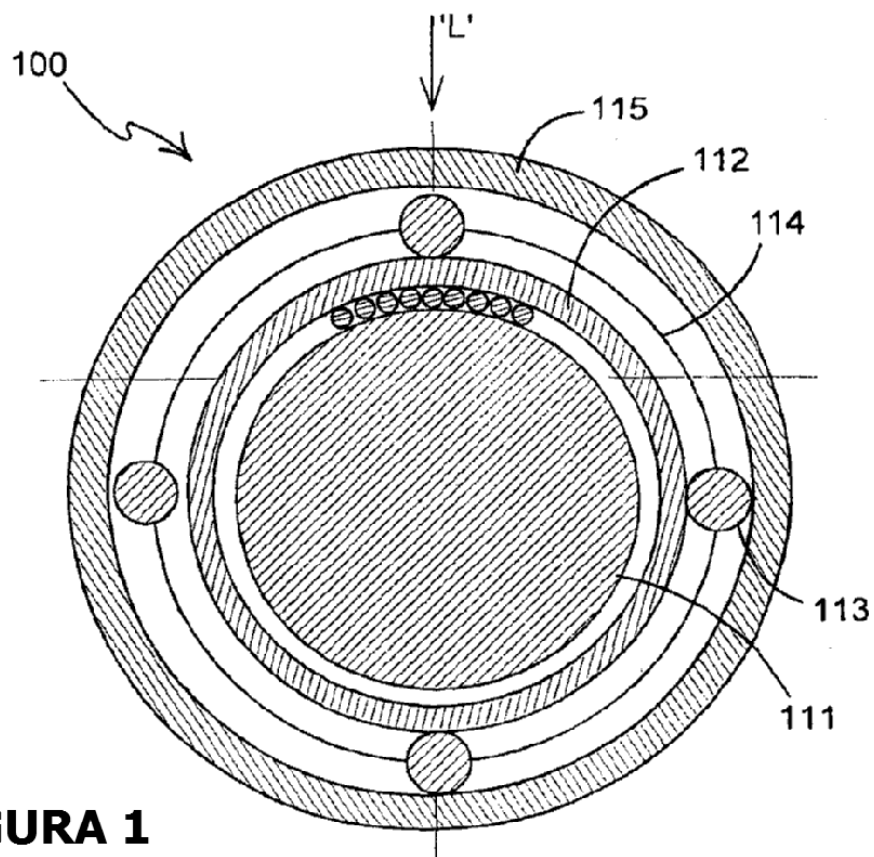
Se entenderá que el conducto 253 y el muelle 255 pueden ser dimensionados para permitir que la disposición del rodamiento, sea soportada por una fuerza ascensional hidrostática a una primera relación de presión/caudal y que sea movida a una mayor relación de presión/caudal que sea suficiente para activar el movimiento de los elementos de la turbina 251.

- 5 También se ilustra en la Figura 15c una estructura de apoyo 258 adecuada para el elemento de turbina, por ejemplo, un eje o estructura, y un miembro de reacción 259 para el muelle liviano 255.

REIVINDICACIONES

1. Un rodamiento comprende un miembro circular normalmente fijo con respecto a un elemento situado a nivel del suelo y adaptado para soportar una carga rotativa, **caracterizado por que** dicho miembro está adaptado para girar en vacío de forma controlada sobre el elemento situado a nivel del suelo, en el que mediante un freno se regula la velocidad en vacío.
2. Un rodamiento que comprende un miembro circular normalmente fijo, con respecto a un elemento situado a nivel del suelo, y adaptado para soportar una carga rotativa, **caracterizado por que** dicho miembro está adaptado para girar en vacío de forma controlada sobre el elemento situado a nivel del suelo, en el que mediante engranajes se regula la velocidad en vacío.
3. Un rodamiento de acuerdo con las reivindicaciones 1 o 2, y que comprende un anillo interior, y un anillo exterior concéntrico con el anillo interior, comprendiendo uno de dichos anillos dicho miembro circular y estando adaptado para girar en vacío sobre el elemento situado a nivel del suelo.
4. Un rodamiento de acuerdo con la reivindicación 3 y que incluye elementos de rodadura entre los anillos interior y exterior.
5. Un rodamiento de acuerdo con la reivindicación 3 o con la reivindicación 4, en el que uno de dichos anillos está adaptado para girar en vacío a una velocidad en el intervalo de 0,1 grados al día hasta 0,1 revoluciones por minuto.
6. Un rodamiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicho miembro circular está adaptado para girar en vacío a una velocidad al menos un orden de magnitud menor que la velocidad a la que puede medirse el desgaste inaceptable durante la vida del rodamiento.
7. Un rodamiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la rotación en vacío es continua.
8. Un rodamiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la rotación en vacío del miembro circular está asociada con la rotación del elemento móvil.
9. Un rodamiento de acuerdo con la reivindicación 8, en el que la rotación en vacío del miembro circular es un resultado directo de la rotación del elemento móvil.
10. Un rodamiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la rotación del miembro circular es posible tras la rotación del elemento móvil.
11. Un rodamiento de acuerdo con la reivindicación 4, en el que la rotación del miembro circular del elemento situado a nivel del suelo se lleva a cabo por el arrastre de los elementos de rodadura.
12. Un rodamiento de acuerdo con la reivindicación 10, en el que la rotación del miembro circular del elemento situado a nivel del suelo, se lleva a cabo por expansión térmica periódica, reduciendo huelgos de funcionamiento en uso.
13. Un rodamiento de acuerdo con la reivindicación 10, en el que la rotación del miembro circular del elemento situado a nivel del suelo se lleva a cabo dirigiendo un flujo de fluido hidráulico en un conducto formado en el miembro circular para proporcionar un par de torsión resultante sobre el mismo.
14. Un rodamiento de acuerdo con la reivindicación 10, en el que la rotación del miembro circular del elemento situado a nivel del suelo se lleva a cabo enviando un flujo de fluido hidráulico a través del elemento de turbina en contacto con el miembro circular.
15. Un rodamiento de acuerdo con la reivindicación 14, en el que el elemento de turbina se encuentra dentro de una cavidad anular entre el elemento situado a nivel del suelo y dicho miembro circular.
16. Un rodamiento de acuerdo con la reivindicación 15, en el que el elemento de turbina es un elemento combinado de turbina - rodillos.
17. Un rodamiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, en el que se proporciona un movimiento en vacío mediante una fuente de energía externa que comprende uno de entre un motor eléctrico, un motor magnético o un motor hidráulico.
18. Un rodamiento de acuerdo con la reivindicación 9, en el que se proporciona un movimiento en vacío mediante engranaje de uno de los anillos del elemento móvil, y una estructura de los elementos de rodadura asociados a un anillo del elemento móvil.

19. Un conjunto de rodamientos, que comprende un rodamiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, y que incluye además un elemento situado a nivel del suelo, y un rodamiento hidrostático proporcionado entre el elemento situado a nivel del suelo y el miembro circular.
- 5 20. Un conjunto de rodamiento de acuerdo con la reivindicación 19 y que además incluye una bomba para generar una fuerza ascensional para dicho rodamiento hidrostático.
21. Un conjunto de rodamiento de acuerdo con las reivindicaciones 19 o 20, en el que el miembro circular del elemento situado a nivel del suelo incluye características físicas que forman un rodamiento hidrostático adaptado para generar una fuerza rotacional en vacío en respuesta a una presión.
- 10 22. Un conjunto de rodamiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 19 a 21, en el que el medio hidráulico de dicho rodamiento hidrostático es el lubricante de un conjunto de rodamientos del elemento de rodadura.
- 15 23. Un rodamiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-18, y que incluye además un sistema de control para determinar la posición de dicho miembro circular en uso.
- 20 24. Un rodamiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-18, y que incluye además un sistema de control para determinar la velocidad de rotación de dicho miembro circular en uso.
- 25 25. Un método de rotación activa de un miembro circular de un rodamiento, estando dicho miembro circular normalmente fijo con respecto a un elemento situado a nivel del suelo, comprendiendo el método las etapas de detectar una condición de funcionamiento del rodamiento asociada con el daño a dicho miembro circular, y hacer girar dicho miembro circular a una nueva posición con respecto a dicho elemento situado a nivel del suelo.



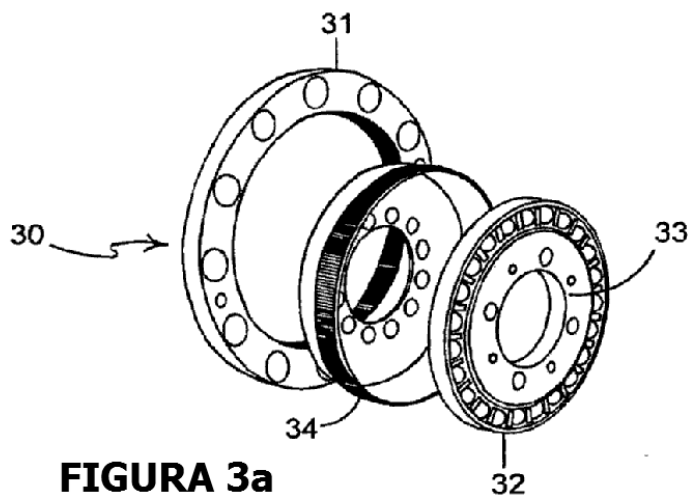


FIGURA 3a

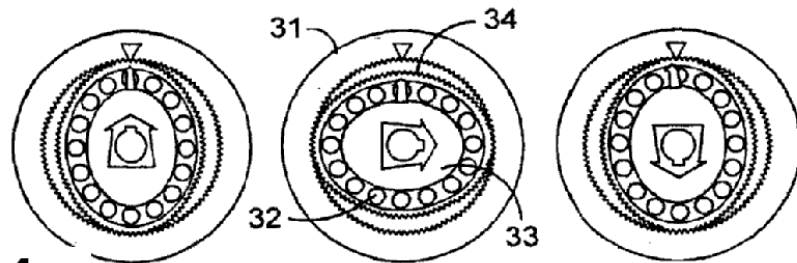


FIGURA 4

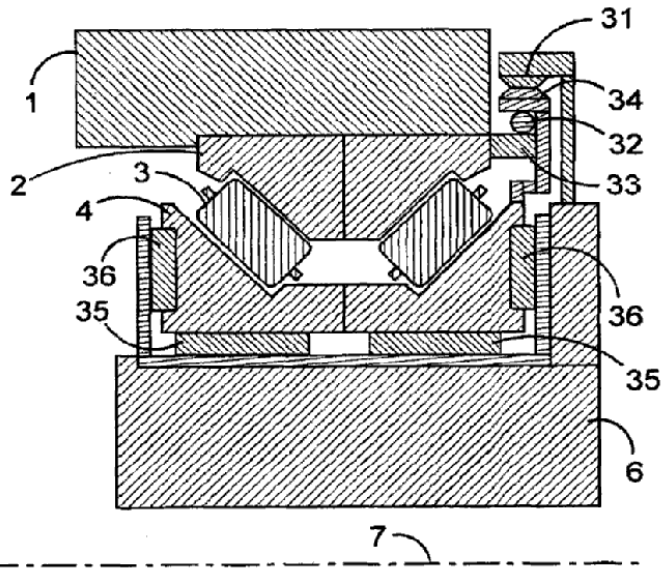


FIGURA 5

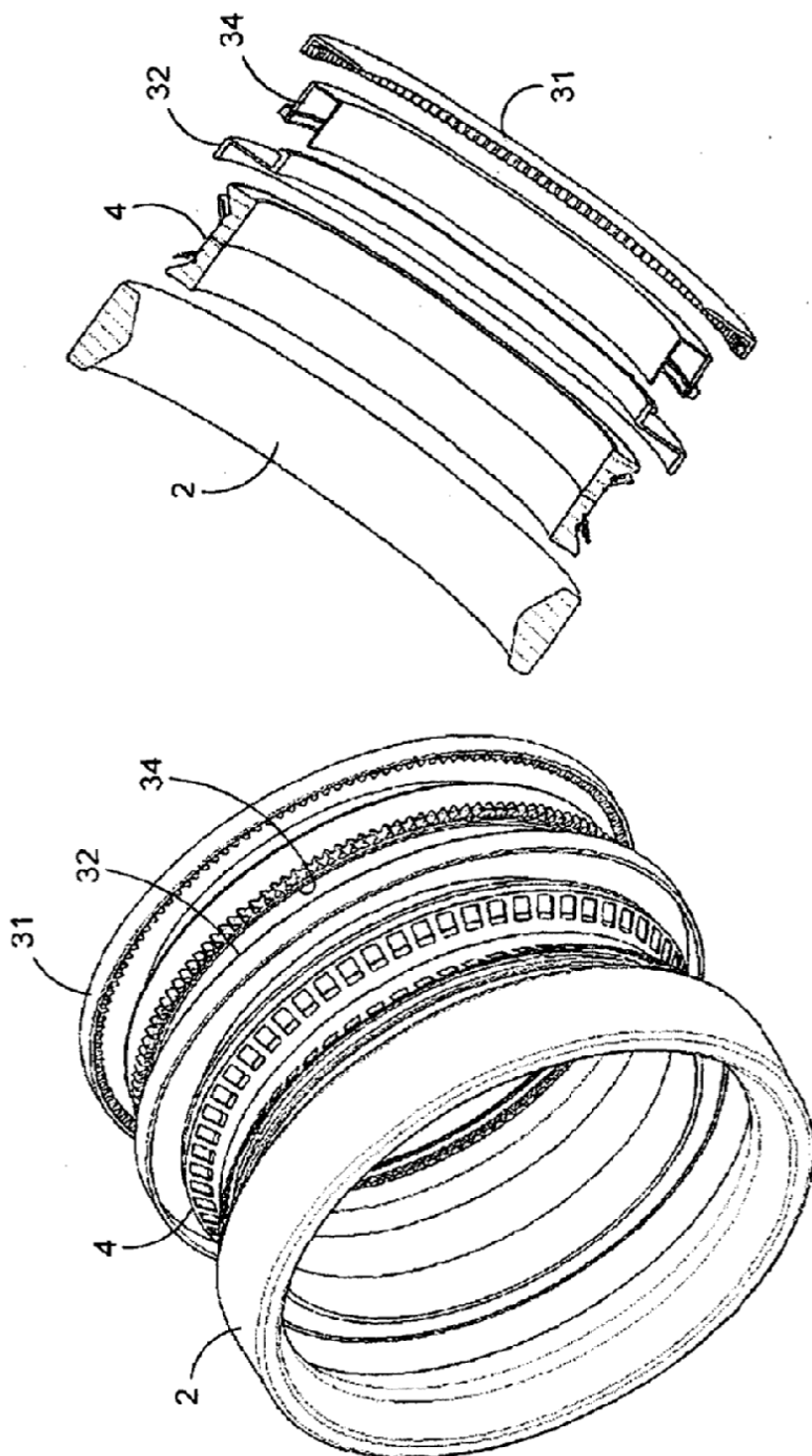


FIGURE 3c

FIGURE 3b

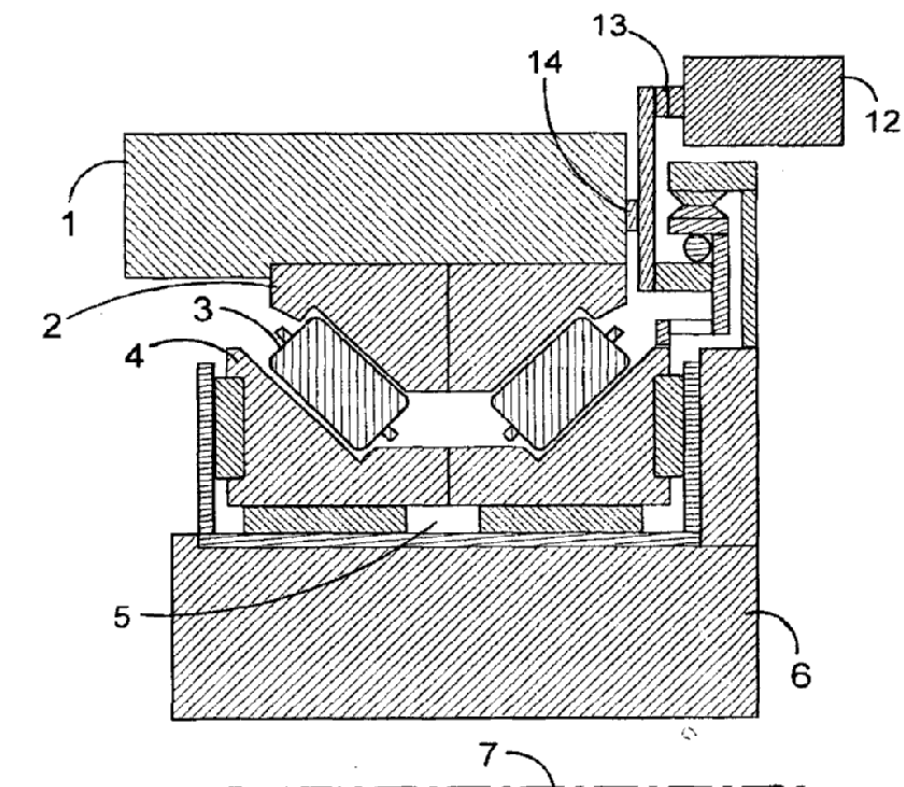


FIGURA 6

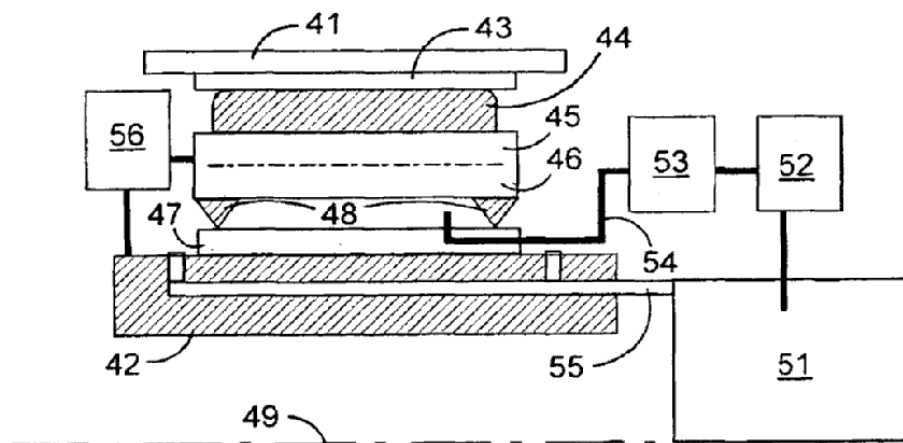


FIGURA 7

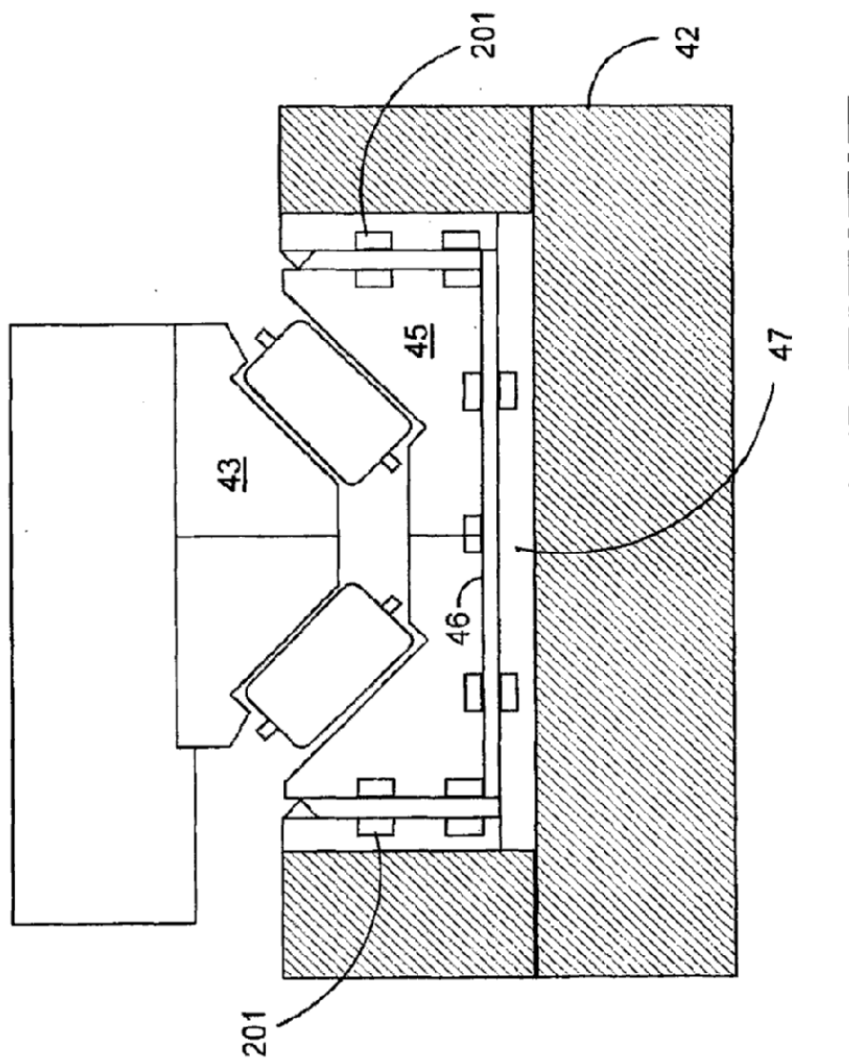
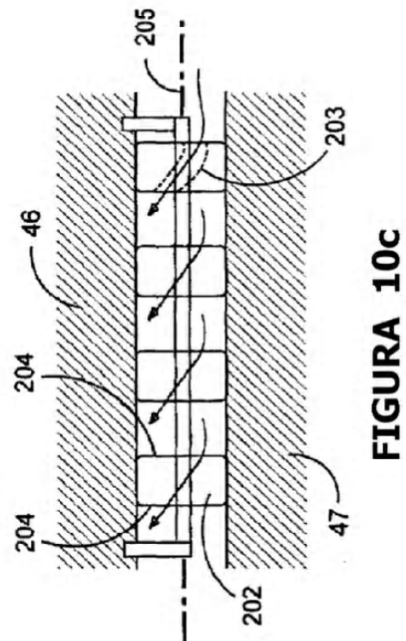
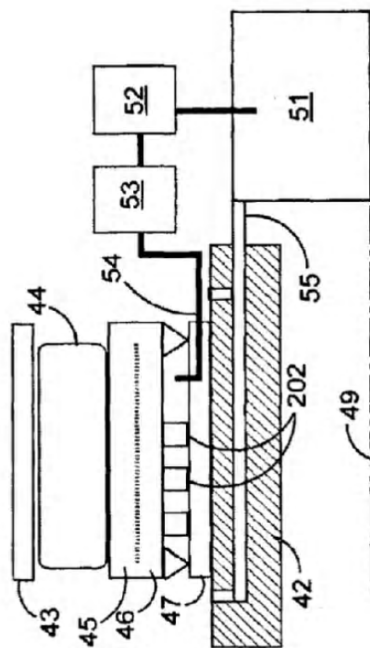
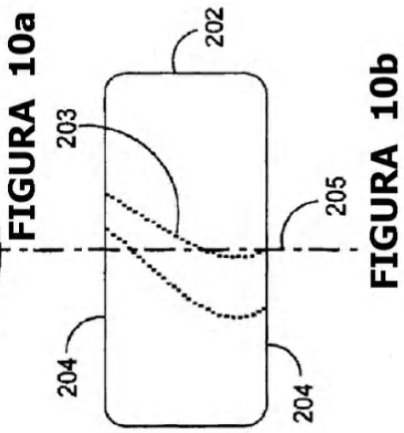
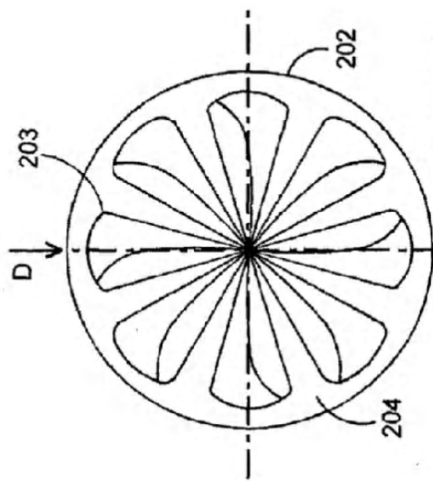


FIGURA 8



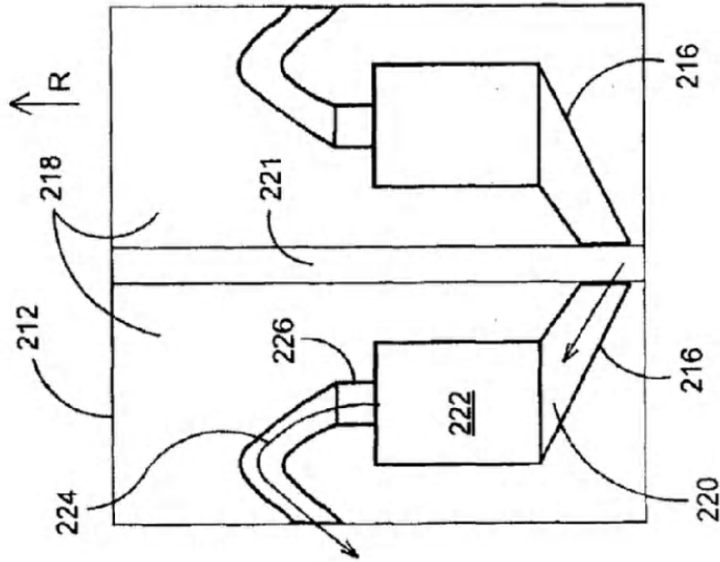


FIGURE 11a

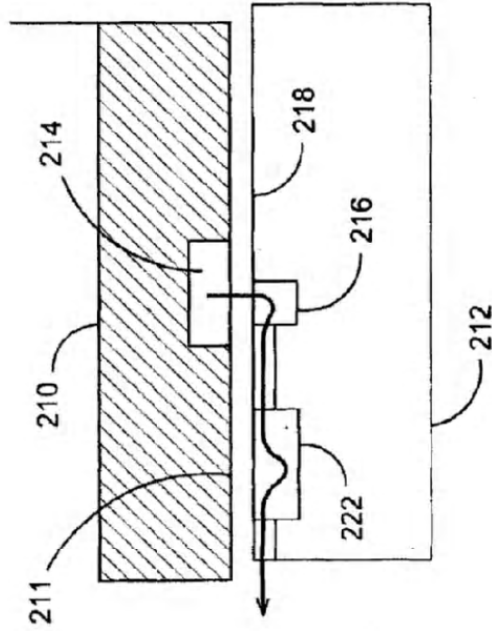


FIGURE 11b

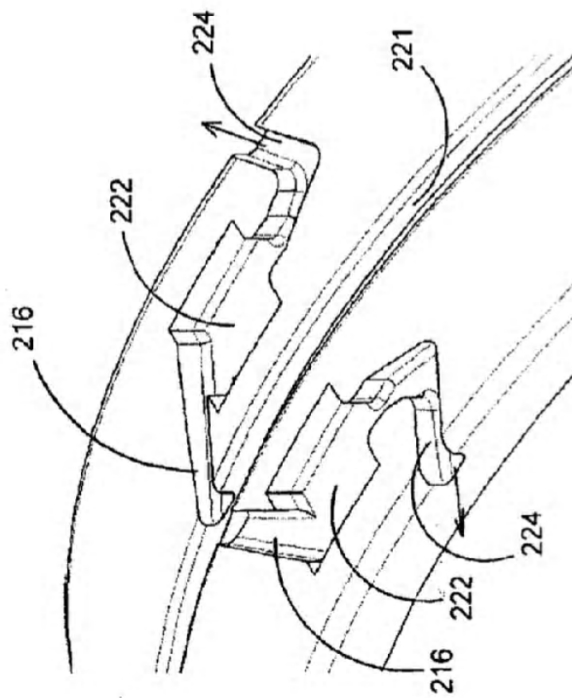


FIGURE 11c

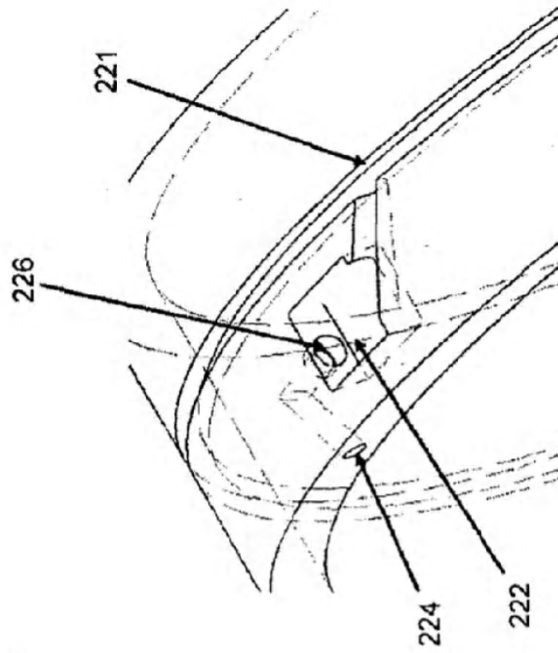


FIGURE 11d

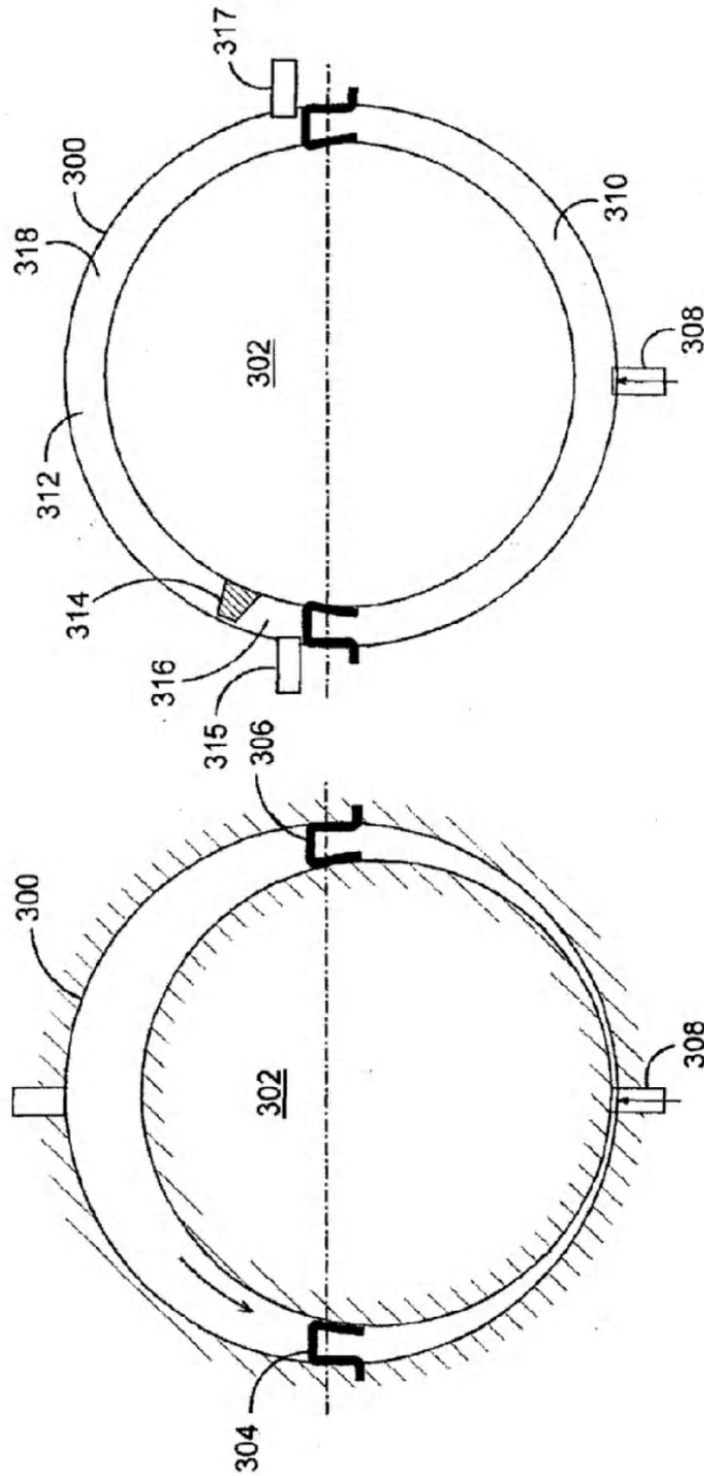


FIGURE 12b

FIGURE 12a

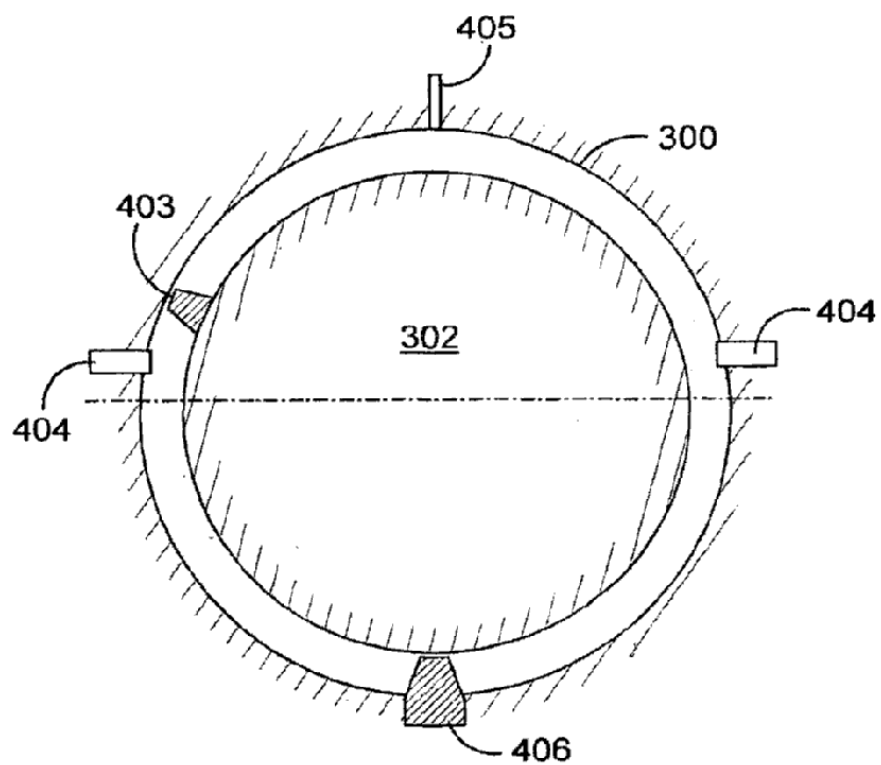


FIGURA 13a

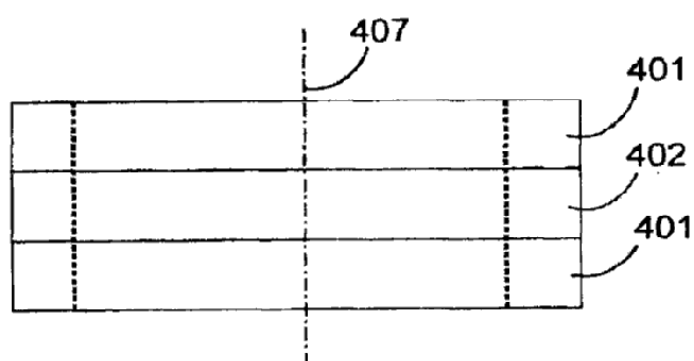


FIGURA 13b

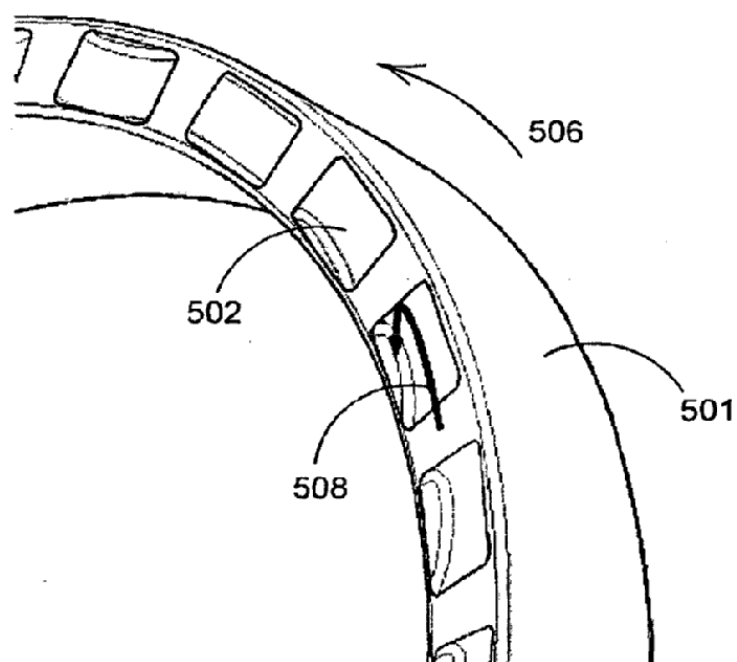


FIGURA 14a

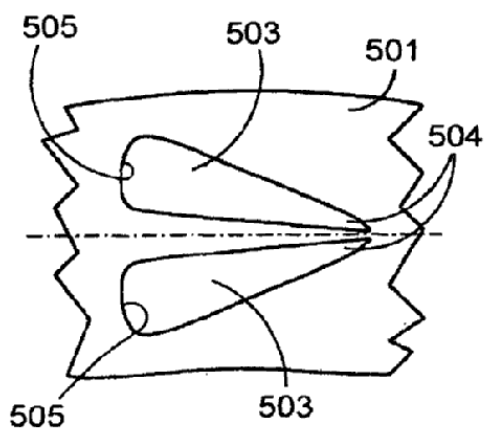


FIGURA 14b

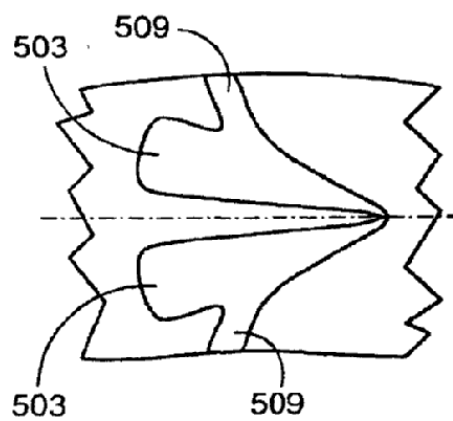


FIGURA 14c

